В. И. Лазарев и В. И. Пархоменко

Магнитная запись телевизионных изображений



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ



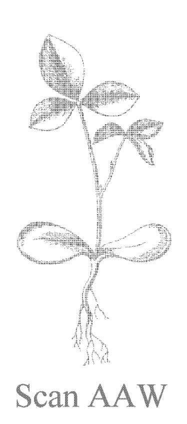
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 462

В. И. ЛАЗАРЕВ и В. И. ПАРХОМЕНКО

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

Книга содержит изложение основных принципов магнитной записи телевизионных изображений. В ней рассматриваются характерные особенности выполнения системы «лента—головка», а также лентопротяжных механизмов с системой автоматического регулирования. Приводятся сведения о возможных способах записи телевизионного изображения на магнитную ленту и дается описание видеомагнитофонов.

Книга рассчитана на читателей, знакомых с основами телевидения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Глава первая. **Основные свойства магнитной записи** . . 7
1. Принцип магнитной записи 7
2. Частотная характеристика системы „лента—головка“ . . 11
3. Магнитные головки 16
4. Особенности магнитной записи телевизионных сигналов 20
Глава вторая. **Лентопротяжные механизмы** 22
5. Устройство лентопротяжных механизмов 22
6. Система автоматического регулирования движения магнитной ленты 26
7. Точность работы и настройка системы регулирования . . 34
Глава третья. **Видеомагнитофон с поперечной строчной записью** 40
8. Лентопротяжный механизм и магнитные головки 40
9. Система автоматического регулирования движения ленты и видеоголовок 49
10. Канал записи и воспроизведения 54
Глава четвертая. **Другие способы видеозаписи и вспомогательные устройства** 67
11. Многодорожечная запись телевизионных сигналов . . . 67
12. Продольная запись видеосигналов с вращающимися головками 70
13. Видеомагнитофон с одной вращающейся головкой . . . 72
14. Видеомагнитофон с двумя вращающимися головками . . 76
15. Синхронизация видеомагнитофонов и электронный монтаж 79
Заключение 86

ВВЕДЕНИЕ

Запись телевизионных изображений на магнитную ленту является наиболее крупным достижением в технике магнитной записи за последние несколько лет. Попытки использовать магнитную запись для этих целей предпринимались давно. Например, способ строчной записи, положенный в основу современной аппаратуры для записи телевизионных изображений, был предложен еще в 1932 г. советским изобретателем К. Л. Исуповым (авторское свидетельство № 34173 от 14 мая 1932 г.). Однако практическая реализация стала возможна лишь в связи с общими успехами, достигнутыми в магнитной записи, электронике и автоматике.

Интерес, проявленный к новому способу записи телевизионных программ, объясняется некоторыми эксплуатационными и экономическими преимуществами перед съемкой на кинопленку. Преимущества следуют из хорошо известных свойств магнитной записи, наиболее важные из которых — отсутствие промежуточных технологических процессов между записью и воспроизведением и возможность многократного использования носителя.

Магнитная запись дает возможность оперативно создавать телевизионные программы, что особенно важно для своевременного показа по телевидению актуальных событий.

Телевизионные программы, записанные на магнитной ленте, подобно тому как это делается в радиовещании, могут подготавливаться заблаговременно в удобное для исполнителей время с лучшим использованием студийного оборудования телестудий. Повышается художественное качество программ, так как исполнители могут немедленно знакомиться с записанным материалом. Программы, записанные на магнитной ленте, могут передаваться с минимальным сдвигом даже на один час по радиорелейным линиям в районы с отстающим поясным временем, что практически невозможно при съемке на кинопленку.

Так как магнитная лента обычно используется для записи несколько раз, то стоимость программ значительно снижается. Например, установлено, что при десятикратном использовании ленты стоимость программы в 3—3,5 раза меньше стоимости 16-миллиметрового фильма той же длительности.

Вместе с этим магнитный способ записи уступает в некоторых отношениях кинофильму. Кинофильм не связан с телевизионным стандартом, вследствие чего просто решается обмен телевизионными программами с другими странами, тогда как программы, записанные на магнитной ленте даже одной ширины, связаны с опре-

деленным стандартом и при обмене необходимо преобразование с одного стандарта на другой.

Магнитная запись уступает также по технике тиражирования, так как размножение путем перезаписи, применяемое в этом случае, менее производительно, чем контактное тиражирование кинофильмов.

Основное отличие съемки телевизионных программ на кинопленку от записи на магнитную ленту состоит в том, что на кинопленке фиксируется видимое изображение, в то время как на магнитной ленте записываются электрические сигналы, воспроизводящие распределение яркости этого изображения. Невидимость записанного изображения на магнитной ленте создает определенные неудобства в обращении с ней, особенно при монтаже программ. Однако непосредственное воспроизведение электрического сигнала представляет для телевидения бо́льшие удобства, чем кинофильм, при котором необходимо дополнительное преобразование видимого изображения в электрические сигналы.

По ряду соображений на магнитную ленту целесообразно записывать полный телевизионный сигнал, содержащий, кроме сигнала изображения, гасящие и синхронизирующие импульсы. Полный телевизионный сигнал является окончательной формой сигнала, используемого для модуляции телепередатчика или передачи по другим каналам связи (кабельным или радиорелейным); в нем содержатся все необходимые сигналы для воспроизведения изображения на экране телевизора.

Соотношение между уровнями всех трех составляющих сигналов (видео, гасящих и синхронизирующих импульсов), а также их расположение во времени и форма определяется государственным стандартом.

В Советском Союзе стандартом ГОСТ 7845-55 установлено число строк разложения 625, частота импульсов синхронизации полей разложения 50 *гц*, а частота импульсов синхронизации строк 15 625 *гц*.

Максимальная частота спектра телевизионного сигнала определяется необходимостью передачи мелких деталей изображения. Этой частоте соответствует передача изображения в виде вертикальной решетки с шириной черных полосок и белых промежутков, равных размеру одного элемента разложения.

Для советского телевизионного стандарта максимальная частота видеосигнала равна 6 *Мгц*. Низшая граница телевизионного спектра равна частоте смены кадров в секунду, но так как в современных телевизионных системах принята чересстрочная (перемежающаяся) развертка, при которой последовательно передаются сначала все нечетные строки кадра, а затем его четные строки, то низшая частота равна смене полей разложения (полукадров). Строго говоря, в телевизионном сигнале содержатся и более низкие частоты вплоть до постоянной составляющей, однако передача их осуществляется косвенным путем.

Таким образом, телевизионный канал и аппаратура для записи должны пропускать полосу частот от 50 *гц* до 6 *Мгц*. Создание аппаратуры для записи и воспроизведения этой полосы частот затрудняется не только высоким значением граничной частоты диапазона, но и шириной полосы. Напомним, что для звукозаписи достаточно использовать полосу частот от 50 до 12 000 *гц*.

Для неискаженного воспроизведения изображения на экране приемной трубки необходимо также передать и развернуть его строго в той же последовательности, в какой оно проектировалось на экран передающей трубки. В телевизионных системах эта задача удачно решена с помощью синхронизирующих импульсов, передаваемых вместе с сигналом изображения. От степени точности синхронизации движения развертывающих лучей на передающей и приемной частях телевизионной системы зависят устойчивость и четкость изображения.

При записи телевизионных сигналов на магнитную ленту положение осложняется тем, что вследствие неравномерности скорости движения ленты в сигнале нарушается первоначальная временна́я последовательность. Требования к стабильности движения в этом случае значительно выше, чем при воспроизведении звуковых программ. Это вторая отличительная особенность аппаратуры для записи телевизионных сигналов.

Остальные параметры не столь критичны, и в некоторых случаях требования к ним могут быть ниже, чем при записи звука. Отношение полезного сигнала к шуму 25—30 *дб* для удовлетворительного качества изображения считается достаточным. Нелинейные искажения телевизионного канала вообще не нормируются.

Таким образом, практическое осуществление записи телевизионных сигналов на магнитную ленту зависит от успешного решения двух задач: 1) создания широкополосного сквозного канала записи и воспроизведения и 2) выполнения условий, обеспечивающих воспроизведение телевизионного сигнала без искажения его временно́го масштаба.

Решение первой задачи сводится к нахождению соответствующих параметров магнитной записи. В частности, сюда относятся параметры магнитных головок и носителя записи, относительная скорость и условия механического контакта между ними, а также способ и режим записи. Решение второй задачи приводит к созданию специальных автоматически управляемых лентопротяжных механизмов. Эти вопросы изложены в первых двух главах, а их практическое приложение и конкретные устройства для записи телевизионных сигналов — в последующих главах.

Аппараты для записи телевизионных изображений на магнитную ленту, именуемые сокращенно видеомагнитофонами, в настоящее время громоздки, довольно сложны и используются исключительно для профессиональных целей. Но это только первые шаги новой отрасли техники магнитной записи и нужно ожидать, что в будущем появятся компактные переносные и даже, может быть, бытовые видеомагнитофоны; в этом, несомненно, большую роль должны сыграть пытливая мысль и творчество радиолюбителей.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

1. ПРИНЦИП МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

В основе магнитного способа записи лежит способность некоторых материалов, называемых ферромагнитными, намагничиваться и сохранять это состояние продолжительное время. Носитель записи из ферромагнитного материала, на котором «сохраняются» записанные сигналы, изготавливается преимущественно в форме

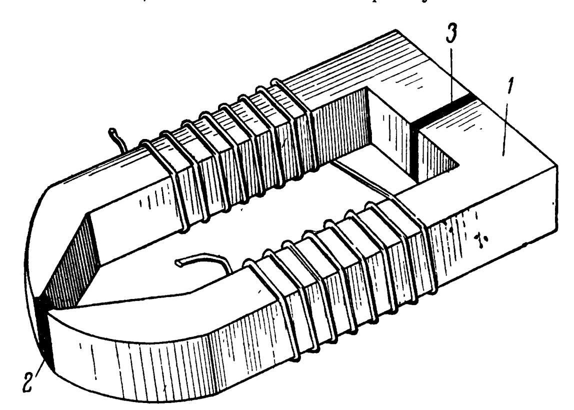


Рис. 1. Магнитная головка.

1 — сердечник с обмоткой; *2* — рабочая щель; *3* — задний зазор.

ленты или проволоки. В дальнейшем рассматривается носитель только в форме ленты, которая используется для записи телевизионных изображений. Лента в аппарате проходит мимо стирающей, записывающей и воспроизводящей головок. Магнитная головка представляет собой электромагнит, в сердечнике которого имеется узкая рабочая щель (рис. 1). Ток, протекающий по обмотке, порождает магнитный поток, силовые линии которого, «выпучивающиеся» над щелью, создают рабочее поле головки.

Перед записью лента подготавливается или, как принято называть, стирается, так как подготовка сопровождается уничтожением

(стиранием) ранее имевшейся случайной намагниченности или записи на ней. Напряженность рабочего поля стирающей головки должна быть достаточной для получения намагничивания, близкого к насыщению ленты. В зависимости от того, каким током питается обмотка стирающей головки — постоянным или переменным, лента после стирания намагничивается до состояния, близкого к насыщению, либо, наоборот, полностью размагничивается. Последний способ получил распространение в современной аппаратуре звукозаписи и в аппаратуре для записи телевизионных изображений.

Во время записи магнитное поле записывающей головки должно намагничивать ленту соответственно сигналу, приложенному к ее

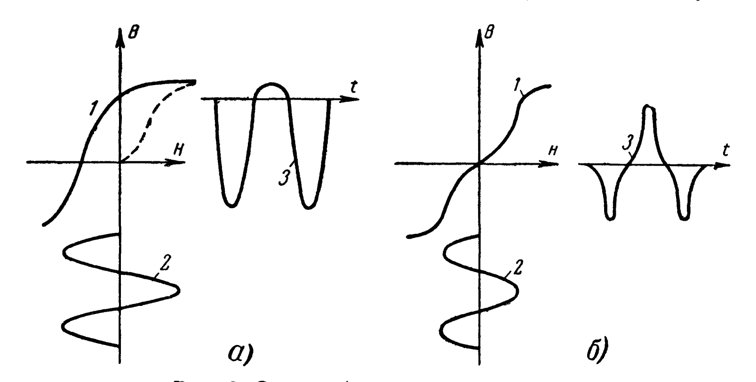


Рис. 2. Запись без подмагничивания.

а — на ленте, предварительно намагниченной постоянным полем; *б* — на предварительно размагниченной ленте.

1 — кривая намагничивания ленты; *2* — сигнал записи; *3* — кривая остаточной намагниченности записанного сигнала.

обмотке. Сигнал, существовавший до записи как электрическое явление, протекающее во времени, превращается в пространственное распределение намагниченности, остаточная индукция которой зависит от линейных координат ленты. Известно, что зависимость между намагничивающим полем и остаточной индукцией в ферромагнитных материалах носит нелинейный характер. Поэтому если не принято никаких дополнительных мер, то сигнал в результате записи значительно искажается.

На рис. 2 показаны причины появления этих искажений и их характер при записи на намагниченной (*а*) и размагниченной (*б*) ленте.

Искажения этого рода значительно уменьшаются, если во время записи в записывающую головку подается одновременно с током сигнала дополнительный ток подмагничивания. При записи на намагниченной ленте применяется постоянный ток подмагничивания. Запись же на размагниченной ленте осуществляется с переменным током подмагничивания, в результате чего зависимость между намагничивающим полем записываемого сигнала и остаточной индукцией практически становится линейной. Способ записи с переменным током подмагничивания получил преимущественное распростра-

нение в аппаратуре магнитной записи звука. Он обладает наименьшими нелинейными искажениями и лучшим отношением сигнала к шуму, чем способ с подмагничиванием постоянным током. При записи телевизионных сигналов используется режим записи с подмагничиванием постоянным током, а чаще запись на размагниченной ленте без подмагничивания, так как искажения формы сигнала в этом случае не играют такой роли, как при записи звука.

Во время воспроизведения переменный магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки, возникающий от намагниченной ленты, индуцирует в ее обмотке э. д. с. Таким образом восстанавливается первоначальный сигнал, протекающий во времени.

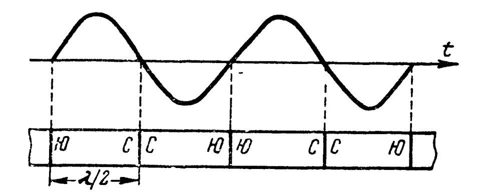


Рис. 3. Схема распределения намагниченности на ленте.

Искажения, возникающие в результате преобразования во время записи и воспроизведения, составляют суть основных искажений при магнитном способе записи. Совокупность элементов (магнитные головки, лента), участвующих в этих преобразованиях, для краткости называют системой «лента — головка». Характеристики системы «лента — головка» относятся непосредственно только к магнитному способу записи, что отличает их от характеристик аппаратуры в целом, которые зависят также от свойств лентопротяжного механизма и электронных устройств.

В результате записи на магнитной ленте остается след в виде переменной намагниченности или, как принято называть, магнитная дорожка. В случае записи синусоидального сигнала остаточное изменение, происшедшее в ленте, можно представить в виде цепочки элементарных магнитов (рис. 3), ориентированных навстречу друг к другу. Длина каждого элементарного магнита равна половине длины волны $\lambda/2$ записанного сигнала. Длина волны при скорости ленты v и частоте сигнала записи f равна

$$\lambda = \frac{v}{f}.$$

Минимальная длина волны, которая записывается и воспроизводится системой «лента — головка», характеризует одно из основных ее свойств — разрешающую способность.

Запись на магнитной ленте можно сделать видимой, если ленту покрыть тонким слоем магнитной суспензии, состоящей из мелких частиц окиси железа, взвешенных в легко испаряющейся жидкости. Частицы сосредоточиваются на участках ленты соответственно ее намагниченности и образуют видимую картину распределения на-

магниченности на поверхности ленты, которой удобно пользоваться для наблюдения за расположением или размерами дорожек на ленте.

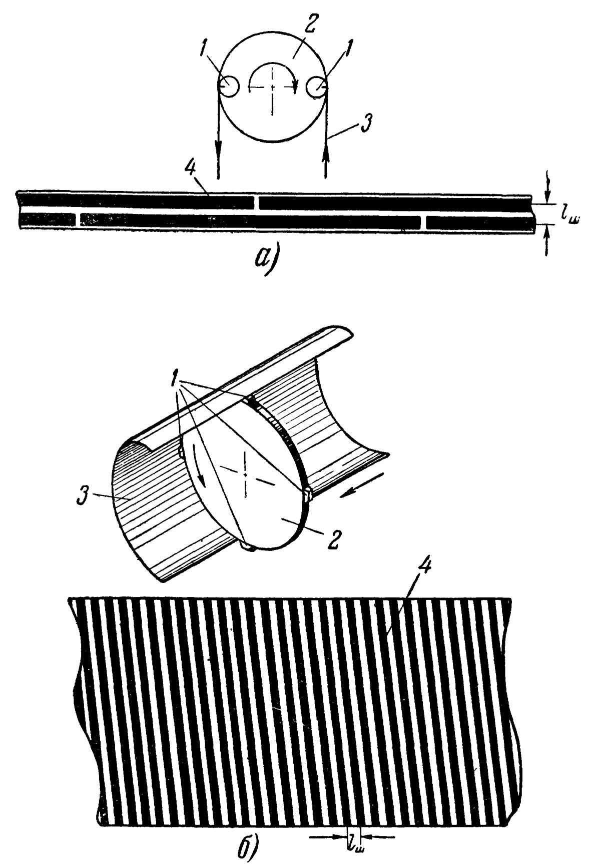


Рис. 4. Устройства магнитной записи с вращающимися головками.

а — продольная запись; *б* — поперечная строчная запись.
1 — магнитные головки; *2* — диск; *3* — лента; *4* — расположение магнитных дорожек на ленте с записью.

Магнитная дорожка может занимать всю ширину ленты или часть ее. В многоканальной (многодорожечной) магнитной записи по ширине ленты располагаются несколько магнитных дорожек, разделяемых промежутками, свободными от записи. Расстояние между средними линиями двух смежных дорожек называется шагом записи $l_ш$.

В аппаратах магнитной записи звука, получивших широкое распространение, лента движется мимо неподвижно укрепленных магнитных головок. Поэтому относительная скорость между головкой и лентой равна скорости ленты. В ряде случаев находят применение способы магнитной записи, в которых одновременно с перемещением ленты придается движение и магнитным головкам. В таких аппаратах относительная скорость в системе «лента — головка» может быть в несколько раз больше скорости ленты.

На рис. 4 схематически показаны две разновидности устройств. Первое (*а*) представляет вращающийся диск с двумя магнитными головками, смещенными по его высоте на шаг записи. Если угол охвата диска лентой равен 180°, то расположение магнитных дорожек на ленте с записью имеет вид, показанный на том же рисунке. Относительная скорость в системе «лента — головка» в таком устройстве в 2 раза больше скорости ленты. Во втором устройстве (*б*) плоскость диска с четырьмя магнитными головками расположена перпендикулярно поверхности ленты, которая в месте ее соприкосновения с головками изгибается в виде лотка. При большом отношении между окружной скоростью головок $v_г$ к скорости ленты $v_л$ магнитные дорожки располагаются к краю ленты под углом, близким к 90°. Отношение между названными выше скоростями при диаметре диска D равно:

$$\frac{v_г}{v_л} = \frac{\pi D}{4 l_ш}.$$

Оно может быть получено равным 100 и более, что очень удобно для создания на этом принципе аппаратуры записи телевизионных изображений. Практическое приложение этого способа, получившего название поперечной строчной записи, а также других способов с одной и двумя вращающимися головками дано в гл. 3 и 4.

2. ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ «ЛЕНТА — ГОЛОВКА»

Частотная характеристика системы, в которой отсутствуют потери, представляет прямую линию с наклоном в 6 *дб* на октаву относительно оси абсцисс (рис. 5). Практически в процессе записи и воспроизведения возникают потери, в результате чего реальная частотная характеристика приобретает вид, изображенный на том же рисунке штриховой линией. В этой характеристике лишь средняя часть совпадает с характеристикой для идеальной системы. В области низких и высоких частот или соответственно больших и малых длин волн записи реальная частотная характеристика резко отличается от идеальной. Характеристика, изображенная на рис. 5, называемая частотной характеристикой сквозного канала, отражает общие свойства системы «лента — головка». Поэтому для выяснения влияния на нее элементов системы необходимо рассмотреть явления, происходящие во время записи и воспроизведения.

Частотная характеристика процесса записи представляет зависимость остаточного магнитного потока от частоты сигнала, приложенного к обмотке записывающей головки, или от длины волны записанного сигнала. Влияние на нее оказывают параметры запи-

сывающей головки, режим записи, свойства магнитной ленты и условия механического контакта между ними.

Если в сердечнике головки индукция не достигает магнитного насыщения и отсутствуют потери, то между током в обмотке и напряженностью рабочего поля записи существует частотнонезависимая связь. Вихревые токи в сердечнике записывающей головки могут привести к тому, что напряженность рабочего поля станет зависимой от частоты. Потери на вихревые токи в самой ленте, обладающей высоким электрическим сопротивлением (10^9—10^{14} *ом·см*), практически отсутствует до частот 10^7 *гц*.

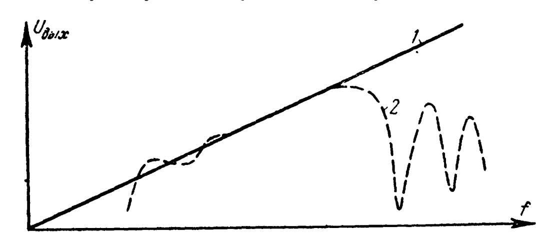


Рис. 5. Частотная характеристика системы „лента—головка".

1 — идеальная характеристика; 2 — реальная характеристика.

Остаточная намагниченность ленты зависит не только от амплитуды поля записи, но и формы пространственного распределения его над щелью и около нее, с которым связано так называемое самостирание полем самого сигнала. Если бы можно было сделать головку, у которой поле записи имело бесконечно малую протяженность в направлении движения ленты, то каждый элемент ее подвергался бы мгновенному воздействию поля сигнала, действующего в данный момент. В действительности протяженность поля записывающей головки значительно превышает ширину рабочей щели. На рис. 6 показаны кривые изменения продольной составляющей магнитного поля для двух расстояний от рабочей поверхности записывающей головки. Следует обратить внимание на то, что напряженность поля плавно падает по обе стороны от рабочей щели, при-

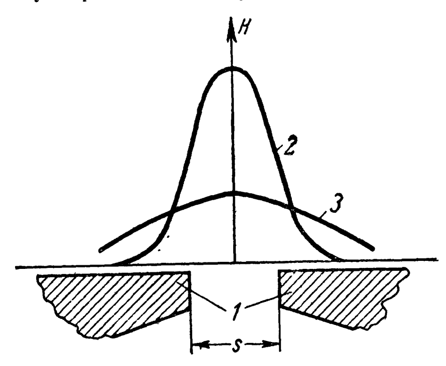


Рис. 6. Кривые изменения продольной составляющей магнитного поля *H* в зоне рабочей щели *s* головки.

1 — полюсные наконечники; 2 — изменение поля вблизи рабочей поверхности головки; 3 — изменение поля в плоскости, удаленной от поверхности головки.

чем крутизна спадания уменьшается по мере удаления от плоскости головки.

Рассматривая процесс намагничивания одного элемента ленты полем реальной головки, можно сделать следующие наблюдения. При записи низких частот, которым соответствуют длины волн, значительно превышающие протяженность поля щели записывающей головки, значение записываемого сигнала мало меняется за время пребывания элемента ленты в поле головки. Поэтому элемент ленты приобретает остаточную намагниченность, соответствующую полю над щелью головки. На высоких частотах, для которых длины волн соизмеримы и даже меньше протяженности поля записывающей головки, значение сигнала может сильно измениться за время нахождения элемента ленты в поле головки. Таким образом, намагниченность элемента определяется не только полем, действовавшим на него во время, когда он находился над щелью головки, но и всеми последующими изменениями, пока он не покинул поле головки. При очень малых длинах волн полярность сигнала может измениться на обратную и даже несколько раз. Последующее влияние поля сигнала обратной полярности действует как стирающее и приводит к частичному уменьшению намагниченности элемента. Так как запись состоит из множества таких элементов, то, следовательно, общая намагниченность ленты уменьшается для малых длин волн или соответственно высоких частот.

Отмеченное выше уменьшение крутизны спадания поля записывающей головки и увеличение его протяженности с удалением от поверхности головки приводят к ухудшению условий записи коротких длин волн. Наилучшие условия соответствуют слоям ленты, близлежащим к поверхности головки, где ее поле имеет наибольшую крутизну спадания. Поэтому лента для записи коротких длин волн должна иметь тонкий магнитный слой с очень гладкой поверхностью для хорошего механического контакта с рабочей поверхностью головки.

На условия контакта между головкой и лентой оказывают влияние также ее механические свойства. Ленты на тонкой эластичной основе, не подверженные короблению, плотно облегают рабочую поверхность головки и создают более надежный механический контакт, чем ленты на толстой основе. К числу таких лент относятся так называемые долгоиграющие ленты с толщиной основы порядка 25 *мк*.

Форма поля щели записывающей головки, его крутизна нарастания и спадания в значительной степени зависят также от качества изготовления головки. Плохая обработка рабочей поверхности головки, ничтожное закругление ребер сердечника, образующих рабочую щель, или рваные из-за заусениц края резко уменьшают крутизну поля головки записи. Что касается ширины рабочей щели, то она должна быть меньше самой короткой записываемой длины волны.

Элементарные магниты (рис. 3) создают в пространстве внешнее поле, а внутри ленты так называемое размагничивающее поле, уменьшающее остаточную намагниченность записи на ленте. Это явление получило название эффекта саморазмагничивания. Напряженность внутреннего размагничивающего поля зависит от геометрических размеров элементарных магнитов. Для больших длин волн эффект саморазмагничивания не оказывает заметного влияния на

остаточную намагниченность записи на ленте. При малых же длинах волн записанного сигнала саморазмагничивание оказывает заметное влияние, ухудшая частотную характеристику остаточной намагниченности.

Ленты с большой коэрцитивной силой в меньшей степени подвержены саморазмагничиванию и поэтому обладают лучшей частотной характеристикой, чем ленты с меньшей коэрцитивной силой. Однако существует некоторый практический предел для коэрцитивной силы ленты, так как большая величина ее затрудняет намагничивание ленты полем записи и создает большие трудности при стирании. Коэрцитивная сила современных магнитных лент, ис-

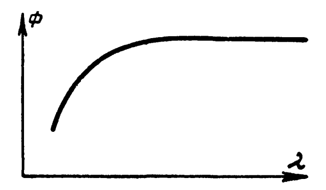


Рис. 7. Зависимость остаточного магнитного потока ленты от длины волны записанного сигнала.

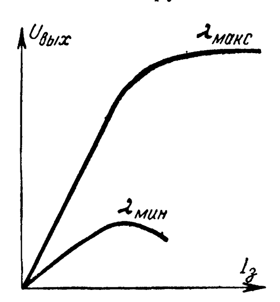


Рис. 8. Амплитудная характеристика сквозного канала системы „лента—головка".

пользуемых для записи звука, телевизионных сигналов и других применений, обычно лежит в пределах 220—260 э.

Из перечисленных причин, влияющих на характеристику записи, лишь потери в сердечнике записывающей головки зависят непосредственно от частоты записываемого сигнала. Остальные потери, как видно, являются функцией длины волны. На рис. 7 приведена частотная характеристика остаточного магнитного потока Ф, отображающая влияние всех причин, зависящих от длины волны λ. Она представлена в зависимости не от частоты сигнала, а от длины волны записи. Из характеристики следует, что при малых длинах волн остаточный магнитный поток значительно уменьшается. Другими словами, при малых длинах волн лента используется как бы неполностью. Характерным проявлением этой особенности является амплитудная характеристика системы «лента — головка» (рис. 8), из которой видно, что загиб кривой для малых длин волн начинается раньше, чем для больших, а при дальнейшем увеличении тока записи $I_з$ наблюдается даже уменьшение отдачи воспроизводящей головки. Из этого следует практический вывод: если преследуются цели получения наилучшей частотной характеристики от данной системы «лента — головка», что обычно возникает при записи телевизионных сигналов, то ток записи должен устанавливаться по оптимуму отдачи при самой малой длине волны записываемого сигнала.

Частотная характеристика процесса воспроизведения представляет зависимость э. д. с., наводимой в обмотке воспроизводящей головки, от частоты или от длины волны записанного сигнала. Эта

характеристика практически всецело зависит от электрических и магнитных свойств головки, а также ее геометрических размеров и условий механического контакта с магнитной лентой.

Потери в самом сердечнике воспроизводящей головки вызываются главным образом вихревыми токами, возникающими в результате изменений магнитного потока во время воспроизведения ленты с записью переменного поля. Сопутствующее вихревым токам уменьшение магнитной проницаемости материала влечет за собой повышение магнитного сопротивления сердечника. Это явление в свою очередь приводит к перераспределению магнитного потока. Возрастает та часть потока, которая непосредственно замыкается через рабочую щель, а поток, проходящий через сердечник головки и непосредственно участвующий в создании э. д. с., уменьшается.

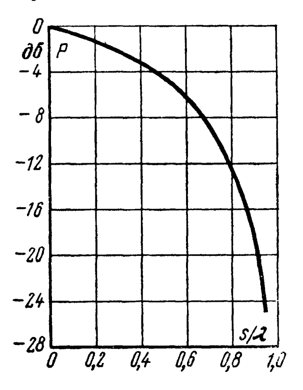


Рис. 9. Зависимость щелевых потерь p воспроизводящей головки от ширины рабочей щели s, выраженной в долях длины волны λ записанного сигнала.

В звуковом диапазоне частот потери в сердечнике головки не превышают обычно 3—4 *дб*. В области же высших частот телевизионного сигнала они могут в некоторых случаях преобладать над всеми остальными потерями. Потери в сердечнике являются единственными, непосредственно зависящими от частоты.

Остальные потери в процессе воспроизведения зависят от длины волны записанного сигнала. Наиболее характерными в этой группе являются так называемые щелевые потери, зависящие от отношения эффективной ширины щели головки s к длине волны λ. Эффективная ширина щели в хорошо выполненных головках только на 10—15% больше ее геометрических размеров. Щелевые потери растут с уменьшением длины волны записи. При длине волны, равной ширине щели, э. д. с. головки снижается до незначительной величины. Далее процесс носит периодический характер, в результате чего на частотной характеристике наблюдаются последовательные максимумы и минимумы (рис. 5). Ширина щели воспроизводящей головки выбирается такой, чтобы рабочий диапазон лежал левее первого минимума. Характеристика щелевых потерь для этого случая приведена на рис. 9.

Немагнитный зазор между лентой и головкой, который иногда искусственно создается для уменьшения износа или возникает вследствие плохо обработанной рабочей поверхности головки или шероховатости ленты, вызывает дополнительные потери. Зависимость этих потерь от отношения высоты немагнитного зазора к длине волны приведена на рис. 10. Из графика видно, как важен хороший механический контакт между головкой и лентой и какие высокие требования необходимо предъявлять к чистоте ее поверхности. Например, при длине волны записи 7 *мк* зазор между головкой и лентой всего лишь в 1 *мк* вызывает потери около 8 *дб*.

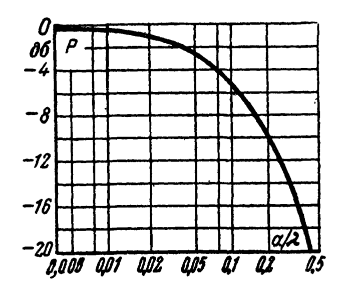


Рис. 10. Влияние высоты немагнитного зазора *a* между головкой и лентой при воспроизведении, выраженного в долях длины волны λ записанного сигнала.

Потери в процессе воспроизведения возникают, если не соблюдена параллельность между щелями головок записи и воспроизведения. Эти потери (азимутальные) являются функцией угла между щелями и отношения ширины магнитной дорожки к длине волны записи. Их легко избежать, если точно установить щель воспроизводящей головки относительно записанного на ленте сигнала.

Изменения частотной характеристики наблюдаются также в области больших длин волн (рис. 5). При воспроизведении сигналов, длина волны которых сравнима с длиной механического контакта головки или ее проекцией на ленту, каждая половина головки выполняет роль как бы самостоятельной головки. В результате «интерференции» магнитных потоков отдача головки имеет максимумы и минимумы, показанные на характеристике. Дальнейшее увеличение длины волны приводит к тому, что часть потока ленты замыкается по воздуху, минуя сердечник головки. В результате в области очень больших длин волн наблюдается резкое уменьшение э. д. с. воспроизводящей головки. Наклон частотной характеристики в этой области может достигать 18 *дб* на октаву.

3. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

На конструкцию и электрические параметры головок, используемых в аппаратуре для записи телевизионных изображений, оказывают влияние широкая полоса частот сигнала и высокая скорость движения головки относительно ленты. Поэтому стремятся выполнить головки с наименьшими электрическими потерями и наибольшей износостойкостью для повышения срока их службы. Кроме того, они должны обладать свойствами, необходимыми для записи и воспроизведения очень малых длин волн. Для этого, как указывалось выше, рабочая щель головки должна быть узкой с ровными ребрами, а поверхность, соприкасающаяся с лентой, весьма гладкой.

Потери, возникающие в сердечнике головки и ее обмотке, уменьшают полезную мощность сигнала, вследствие чего падают ее чувствительность и отдача в режиме записи и воспроизведения. Так как потери возрастают по мере увеличения частоты, то эти основные параметры головок также изменяются с частотой, что в свою очередь приводит к ухудшению частотной характеристики системы «лента — головка».

Потери активной мощности возникают в различных элементах конструкции головки. В материале сердечника под действием быстропеременного магнитного поля возникают потери на вихревые токи и перемагничивание (гистерезисные потери). Величина этих потерь прямо пропорциональна объему материала.

В воспроизводящей головке гистерезисные потери составляют незначительную часть общих потерь, так как действующая в ее сердечнике индукция мала. Эти потери невелики также в сердечнике записывающей головки, несмотря на то, что индукция в ней достигает больших величин.

Основное влияние на свойства магнитных головок оказывают вихревые токи. Помимо непосредственных потерь электрической мощности вихревым токам сопутствует так называемый поверхностный эффект. Он заключается в том, что по мере повышения частоты переменного магнитного поля поток вытесняется из среднего сечения сердечника к поверхности. Это сопровождается уменьшением действующего сечения сердечника, в результате чего уменьшается действующая магнитная проницаемость. Вихревые токи в проводах обмотки приводят к увеличению ее активного сопротивления, что вызывает дополнительные потери в обмотке головки.

Потери на вихревые токи возникают в металлической арматуре, используемой для крепления сердечника головки, и в материале немагнитной прокладки, фиксирующей рабочую щель. Потери в арматуре появляются, если она расположена вблизи обмотки головки или щели, т. е. в областях с наибольшими полями рассеяния. Потери в прокладке относительно невелики из-за малого объема металла. В некоторой степени потери в прокладке играют даже положительную роль. Возникающий в результате вихревых токов магнитный поток обратного знака способствует вытеснению основного потока из рабочей щели, что приводит к повышению чувствительности головки в режиме записи. Поэтому прокладки изготовляют из металла (бериллиевой бронзы), а для лучшей проводимости ее целесообразно серебрить.

С целью уменьшения потерь на вихревые токи сердечники магнитных головок обычно изготовляют из тонких, склеенных между собой пластин магнитного сплава. Сердечники головок, используемых в магнитофонах, собирают из пластин толщиной 0,1—0,2 *мм*. В головках для записи и воспроизведения телевизионных частот из соображения уменьшения потерь следовало бы использовать пластины толщиной около 5 *мк*, но слишком тонкий материал пластин вызывает серьезные технологические затруднения при изготовлении сердечника (штамповка пластин, склейка и механическая обработка). Кроме того, у сердечников, склеенных из тонких пластин, уменьшается эффективное сечение из-за большого числа клеевых прослоек. По этим причинам сердечники магнитных видеоголовок изготовляют из пластин толщиной не менее 30—50 *мк* и мирятся с большими потерями в области телевизионных частот.

Склеенные сердечники имеют низкую износостойкость при большой скорости ленты, которая обычно используется для записи телевизионных изображений. Выкрашивание клеевых прослоек, имеющих меньшую твердость, чем пластины, нарушает рабочую поверхность головки и вслед за этим разрушает ее щель.

В магнитных головках, используемых для записи и воспроизведения очень высоких частот, целесообразно применять сердечники, спрессованные из феррита. Магнитная проницаемость у различных образцов современных ферритов лежит в очень широких пределах (от 10—15 до 2000—5 000 *гс/э*). Для магнитных головок, применяемых в видеомагнитофонах, наиболее пригодны ферриты со средней проницаемостью 300—600 *гс/э*, удельное электрическое сопро-

тивление которых равно 10^6—10^8 *ом·см*. Потери на вихревые токи в ферритовых сердечниках столь малы, что ими можно практически пренебречь. Частотные свойства ферритов, а также предельная рабочая частота тем выше, чем меньше их начальная проницаемость.

Ферриты по своей природе обладают зернистой структурой, которая придает некоторую пористость поверхности сердечника, даже несмотря на кажущуюся гладкость после полировки. Из-за этого увеличивается эффективная ширина рабочей щели и ухудшается контакт головки с лентой. Несмотря на высокую твердость ферритового сердечника, при трении его поверхности о ленту, имеющую абразивные свойства, происходит выкрашивание ребер рабочей щели, особенно того ребра, с которого лента сбегает при движении. По этим причинам ферритовые сердечники нашли применение только в стирающих головках, для которых нечетко ограниченные ребра щели не ухудшают их свойств.

В последнее время за рубежом появились сообщения об изготовлении специальных ферритов с очень мелкой зернистой структурой, лишенных недостатков, присущих обычным ферритам. Срок службы магнитных головок с такими сердечниками в 4—5 раз больше, чем у головок с металлическими сердечниками.

Распространенные в настоящее время ферритовые сердечники применяются в записывающих и воспроизводящих видеоголовках только в сочетании с металлическими полюсными наконечниками из магнитного сплава. В них сочетается износостойкость обычных металлических головок с относительно малыми потерями из-за малого объема полюсных наконечников. Последние изготовляют из магнитных сплавов, имеющих высокую износостойкость, например из сплава Ю-16 (алфенол).

Примеры конструкций комбинированных сердечников даны на рис. 11. В первом (*а*) полюсные наконечники изготовлены в виде накладок, расположенных в торцовой части ферритового сердечника. Сердечник этой конструкции может быть выполнен для любой ширины магнитной дорожки. Это же позволяет и вторая конструкция (*б*), в которой полюсные наконечники примыкают к торцам прямоугольного ферритового сердечника. В третьем типе (*в*) полюсные наконечники выполнены в виде боковой накладки, которая изготовляется как отдельный съемный блок. Необходимо отметить, что в этой конструкции для увеличения потока, выходящего из ферритового сердечника, его зазор заполнен прокладкой из хорошо проводящего металла. Эту конструкцию головки целесообразно использовать для записи только узких магнитных дорожек (с шириной не более 0,25—0,3 *мм*).

Индуктивность обмотки магнитной головки вместе с собственной емкостью, а также входной и выходной емкостями усилителей записи или воспроизведения составляет колебательный контур. Резонансная частота этого контура должна быть выше наибольшей частоты записываемого сигнала. Резонансные свойства головки в рабочей полосе частот нежелательны, потому что за резонансной частотой отдача резко падает и, кроме того, собственные колебания, возникающие в контуре, приводят к искажениям сигнала. В видеомагнитофонах искажения этого рода ведут к повторам и пластике на воспроизводимом изображении.

Собственная емкость обмотки головки обычно не превышает 2—2,5 *пф*, а входные емкости усилителей, включая подводящие

провода и токосъемное устройство при поперечной строчной записи, лежат в пределах 20—30 *пф*. При самом тщательном изготовлении не удается сколько-нибудь существено уменьшить эти емкости.

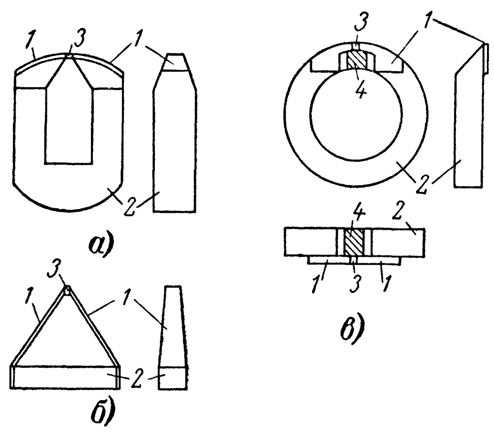


Рис. 11 Комбинированные сердечники магнитных видеоголовок.

1 — полюсные наконечники из магнитного сплава; *2* — ферритовый сердечник; *3* — рабочий зазор; *4* — прокладка.

Поэтому единственным путем повышения резонансной частоты остается уменьшение индуктивности обмотки. Так как э. д. с. воспроизводящей головки пропорциональна числу витков обмотки, то такая мера приводит к уменьшению ее отдачи.

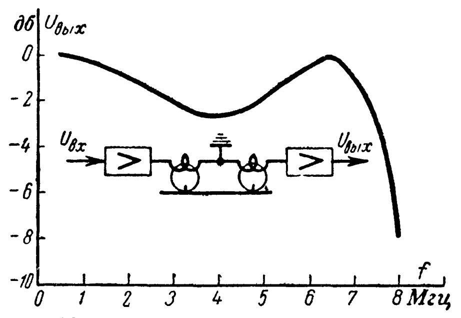


Рис. 12. Частотная характеристика сквозного канала.

В заключение приводим основные данные головки с сердечником, изображенным на рис. 11,*в*, для поперечной строчной магнитной записи: магнитная проницаемость ферритового сердечника 350—

400 *гс/э*; полюсные наконечники из сплава Ю-16 (алфенол) толщиной 0,25 *мм*; ширина рабочей щели около 3 *мк*; число витков 40; индуктивность обмотки 25—28 *мкгн*. Частотная характеристика, снятая в сквозном канале при скорости ленты 40 *м/сек*, приведена на рис. 12.

4. ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

В результате создания более совершенных магнитных лент и головок стало возможным записывать сигналы с длиной волны порядка 5 *мк*. Следует заметить, что в этом отношении магнитный способ записи превосходит все известные способы записи электрических сигналов. Однако если попытаться записать телевизионный сигнал с полосой частот до 6 *Мгц*, то даже при столь высокой разрешающей способности магнитной записи понадобилась бы скорость движения ленты, равная 30 *м/сек*. Сама по себе такая скорость для телевидения не является чрезмерно высокой, если вспомнить, что изображение на экране среднего по размерам кинескопа развертывается электронным лучом вдоль строки со скоростью около 5 000 *м/сек*. Но то, что электроника выполняет простейшими устройствами, в магнитной записи требует сложных и громоздких механизмов для движения ленты. Кроме того, высокая скорость ленты придает аппаратуре эксплуатационную ненадежность и вызывает большой расход ленты. Один кадр телевизионного изображения, записанный на ленте нормальной ширины (6,25 *мм*), занимает при этой скорости площадь 75 *см*^{2}. Это более чем в 11 раз больше площади кадра на 35-миллиметровом кинофильме, которая равна всего лишь 6,65 *см*^{2} (с учетом перфорации). Общую площадь ленты можно уменьшить, сократив ее ширину. Однако это приводит к уменьшению ее механической прочности и затрудняет обращение с ней.

«Емкость» ленты можно значительно увеличить, если сократить ширину магнитных дорожек и располагать их плотно друг к другу вдоль или поперек ленты, как показано на рис. 4, но и в этом случае существует некоторый практический предел. Уменьшение ширины дорожки приводит к ухудшению отношения сигнал/шум, так как э. д. с. воспроизводящей головки пропорциональна ширине дорожки. Кроме того, очень узкие магнитные дорожки затрудняют точное совмещение с головками во время воспроизведения. Точно так же существуют причины, ограничивающие ширину промежутка между дорожками. Основной из них является взаимное влияние смежных магнитных дорожек, вследствие которого в головке индуцируются сигналы не только от своей дорожки, но и от смежных. Степень взаимного влияния зависит от длины волны записанного сигнала: чем она больше, тем дальше должны быть магнитные дорожки друг от друга.

В аппаратуре для записи телевизионных изображений, использующей принцип, показанный на рис. 4,*б*, удалось получить шаг записи, равный 0,4 *мм*. И все же магнитная запись уступает по плотности расположения дорожек другим видам записи, например механической, шаг в которой на долгоиграющей граммофонной пластинке всего лишь около 0,1 *мм*. Тем не менее этот путь существенно увеличивает «емкость» ленты, в результате чего площадь од-

ного кадра в упомянутой выше аппаратуре удалось уменьшить до 8 $см^2$.

Широкая полоса частот, занимаемая видеосигналом, вызывает затруднения также с воспроизведением самых низких частот. При высокой скорости головки относительно ленты, необходимой для записи верхних частот телевизионного спектра, длины волн самых низких частот в сотни раз превышают размеры магнитной головки. На частотной характеристике, изображенной на рис. 5, эти условия соответствуют ее левой части, т. е. области, в которой из-за отмеченных выше особенностей магнитной записи э. д. с. воспроизводящей головки ничтожно мала.

Лучшим решением является запись телевизионных сигналов с несущей частотой путем преобразования их в модулированные колебания. В результате переноса спектра в область более высоких частот создаются нормальные условия для воспроизведения низких телевизионных частот. В процессе воспроизведения после демодулирования колебаний вновь выделяется первоначальный телевизионный сигнал.

Запись с несущей частотой имеет и вторую положительную сторону в том, что становится возможным уменьшить расстояние между магнитными дорожками, взаимное влияние между которыми уменьшается с длиной волны. Вместе с этим появляются дополнительные затруднения с записью и воспроизведением высших частот, верхняя граница которых сдвигается еще дальше вследствие переноса спектра.

Из существующих способов модуляции наименьшая полоса частот свойственна амплитудной модуляции, при которой спектр модулированных колебаний содержит только две боковые частоты, расположенные по обе стороны от несущей. Если воспользоваться известным в радиотехнике приемом передачи сигнала с одной боковой полосой, то появляется дополнительная возможность сокращения спектра модулированных колебаний. Вместе с тем амплитудная модуляция имеет крупный недостаток, состоящий в малом отношении полезного сигнала к шуму из-за паразитной амплитудной модуляции, возникающей в процессе записи и воспроизведения сигналов. Паразитная амплитудная модуляция появляется из-за переменного контакта между головкой и лентой и дефектов самой ленты (посторонние вкрапления, разрушения слоя, загрязнения или неоднородности ее свойств). В поперечной строчной записи, кроме того, амплитудная модуляция может возникать при продольных колебаниях ленты, которые вызывают смещения головки относительно магнитной дорожки, а также и вследствие неидентичности параметров магнитных головок. Спектр шумов, возникающих вследствие этих причин, занимает очень широкую полосу частот, а их уровень может достигать большой величины.

При частотной модуляции сигнал после воспроизведения ограничивается по амплитуде и влияние паразитной амплитудной модуляции сводится к минимуму. Поэтому при записи телевизионных сигналов на магнитную ленту применяется частотная модуляция. Однако частотно-модулированные колебания, как известно, занимают очень широкую полосу частот. С целью сокращения полосы частот модулированных колебаний используются специальные приемы частотной модуляции с передачей одной боковой полосы и небольшим разносом несущей и верхней модулирующей частот.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

5. УСТРОЙСТВО ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Лентопротяжный механизм — один из основных узлов любого устройства магнитной записи. Основная его задача состоит в перемещении ленты с постоянной скоростью во время записи и воспроизведения. Однако в силу ряда причин, зависящих от конструкции и качества изготовления механизма, скорость движения ленты не остается постоянной, а меняется в небольших пределах. Различают две составляющие этих изменений: медленные и быстрые, между которыми нет резкой границы. Однако медленные изменения оцениваются как уход или нестабильность средней скорости, а быстрые — как нестабильность мгновенной скорости.

Нестабильность мгновенной скорости в лентопротяжных механизмах называют детонацией. Она носит обычно периодический характер и не влияет на величину средней скорости. Степень изменения скорости или ее отклонение от среднего значения оценивается относительной величиной этого отклонения и выражается в процентах. Требования к стабильности движения ленты в устройствах магнитной записи зависят от их назначения. Например, для радиовещательных магнитофонов неравномерность скорости ленты порядка 0,1—0,2% считается приемлемой. В устройствах магнитной записи телевизионных и фототелеграфных сигналов к стабильности скорости предъявляются более жесткие требования.

Наибольшее распространение получили лентопротяжные механизмы с тремя электродвигателями, которые для краткости называются трехмоторными.

Кинематическая схема такого лентопротяжного механизма приведена на рис. 13.

На валах разматывающего и наматывающего двигателей укреплены планшайбы, на которых центрирующими замками удерживаются рулоны магнитной ленты, намотанные на бобышки. На верхнем конце вала ведущего двигателя насажен ведущий валик. Магнитная лента с левого рулона поступает на обводной ролик, проходит мимо магнитных головок к ведущему валику и далее наматывается на правый рулон.

Лентопротяжный механизм выполняет три функции: рабочий ход (режим записи или воспроизведения), ускоренный ход назад (режим перемотки) и ускоренный ход вперед. При рабочем ходе на аппарате производится запись программы (иногда с одновременным воспроизведением) или воспроизведение ранее сделанной записи. При этом магнитная лента прижимается с помощью электромагнита прижимным резиновым роликом к ведущему валику и движется с номинально постоянной линейной скоростью. В этом случае работают все три двигателя механизма: ведущий осуществляет движение ленты с постоянной скоростью, правый наматывает ее на правый рулон, а левый создает натяжение ленты, необходимое для плотного прилегания ее к магнитным головкам, так как его собственный вращающий момент противоположен направлению вращения рулона ленты. При ускоренном ходе назад (перемотка) работают оба боковых двигателя: левый наматывает ленту на повышенной скорости

на левый рулон, а правый создает натяжение, необходимое для плотной намотки ее в рулон. Ускоренный ход вперед является режимом, обратным перемотке, благодаря чему магнитная лента, разматываясь с левого рулона, наматывается на повышенной скорости на правый рулон. Прижимной резиновый ролик в режимах ускоренного хода вперед и назад под действием отжимающей пружины находится в нерабочем состоянии, а ведущий двигатель обесточен. Скорость движения ленты в обоих режимах перемотки значительно выше, чем при рабочем ходе, благодаря чему сокращается время перемотки рулона.

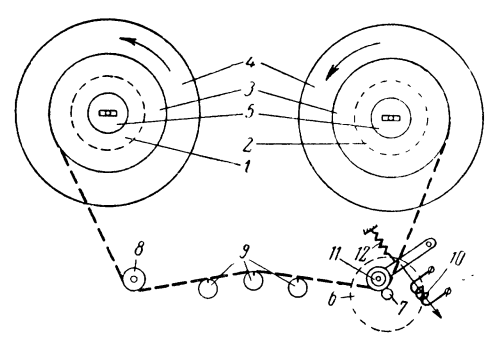


Рис. 13. Кинематическая схема трехмоторного лентопротяжного механизма магнитофона.

1 — разматывающий двигатель; *2* — наматывающий двигатель; *3* — рулоны магнитной ленты; *4* — диски; *5* — бобышки; *6* — ведущий двигатель; *7* — ведущий валик; *8* — обводной ролик; *9* — магнитные головки (стирающая, записывающая и воспроизводящая); *10* — электромагнит; *11* — прижимной резиновый ролик; *12* — отжимающая пружина.

В трехмоторном механизме ведущий валик жестко связан с валом ведущего двигателя, благодаря чему средняя скорость движения магнитной ленты определяется в основном окружной скоростью ведущего валика. Если лента между ведущим валиком и прижимным роликом проскальзывает, то линейная скорость движения ленты будет несколько меньшей, чем окружная скорость ведущего валика. Проскальзывание ленты является основной причиной, вызывающей нестабильность средней скорости в лентопротяжном механизме. Однако при правильной работе прижимного устройства эти отклонения имеют весьма малую величину. Поэтому использование ведущего синхронного двигателя позволяет получить стабильность средней скорости движения, близкую к стабильности частоты электросети, питающей двигатель. Другое достоинство трехмоторного лентопротяжного механизма состоит в сравнительной простоте его кинематических узлов и независимости их друг от друга. В силу этих преимуществ трехмоторный механизм находит самое широкое применение не только в магнитофонах, но и в аппаратах для записи телевизионных изображений.

В лентопротяжном механизме существует несколько источников неравномерности скорости движения ленты. Неравномерность скорости связана главным образом с наличием эксцентриситета у вращающихся деталей, с которыми лента соприкасается во время движения. Поэтому неравномерность скорости носит в основном периодический характер. Так как колебания скорости движения ленты в магнитофоне создают пропорциональные изменения частоты воспроизводимого сигнала, то детонация, возникающая в механизме, оценивается как эффект частотной модуляции этого сигнала.

Относительное изменение частоты воспроизводимого сигнала к ее среднему значению называется коэффициентом детонации. Величина коэффициента детонации выражается в процентах и может быть определена из выражения

$$\rho = \frac{\Delta f}{f_{ср}} 100\% = \frac{\Delta v}{v_{ср}} 100\%,$$

где Δf и Δv — амплитуды отклонений частоты воспроизводимого сигнала и скорости ленты от их средних значений $f_{ср}$ и $v_{ср}$.

К числу деталей механизма, вызывающих детонацию, относятся вращающиеся обводной и прижимной ролики, а также ведущий валик. Если твердость резины прижимного ролика не одинакова по его окружности, то это вызывает дополнительные периодические изменения скорости ленты. Эксцентриситет бобышек или неправильная намотка ленты в рулоне приводят к подергиванию ее при размотке, которое усугубляется инерционностью узла левого двигателя (планшайба и ротор). Поэтому этот узел является обычно причиной наибольших колебаний скорости в лентопротяжном механизме. Если обводной ролик снабжен маховиком на его валу, то он может быть механическим фильтром и ослаблять помехи, создаваемые узлом разматывающего двигателя. Так как эти помехи очень низкочастотны (например, при скорости ленты 76,2 *см/сек* они лежат в пределах от 0,8 до 2,5 *гц*), то для эффективного их ослабления момент инерции маховика должен быть большим, чтобы его механический резонанс (в создании которого участвует упругость ленты) лежал ниже самой низкой частоты помехи. Практически это условие по конструктивным соображениям выполнить трудно, особенно для малых скоростей ленты, при которых частоты помех еще более низкие. Поэтому обводной ролик обычно не снабжается маховиком, а используются необходимые меры для повышения точности работы узла разматывающего двигателя. Причиной детонации может быть также электрический или механический разбаланс ротора ведущего двигателя.

Благодаря многим источникам помех изменение мгновенной скорости имеет весьма сложный характер. Так, например, в промышленном магнитофоне МЭЗ-15, механизм которого построен по рассмотренной схеме, частоты детонации лежат в диапазоне от долей единицы до нескольких десятков герц. Величина коэффициента детонации в этом аппарате не превышает 0,2%, а стабильность средней скорости движения ленты составляет около 0,1%.

Для получения более стабильной средней скорости применяют лентопротяжные механизмы для перфорированной магнитной ленты. В этом случае лента протягивается зубчатым барабаном, благодаря чему полностью исключается проскальзывание, и средняя ско-

рость движения магнитной ленты определяется исключительно скоростью вращения ведущего двигателя. Если ведущий двигатель питается через усилитель мощности от высокостабильного генератора с кварцевой или камертонной стабилизацией, то стабильность средней скорости движения ленты может быть весьма высокой. Кинематическая схема такого механизма отличается от рассмотренной трехмоторной схемы тем, что вместо гладкого ведущего валика используется зубчатый барабан. Из-за этого возникает дополнительный

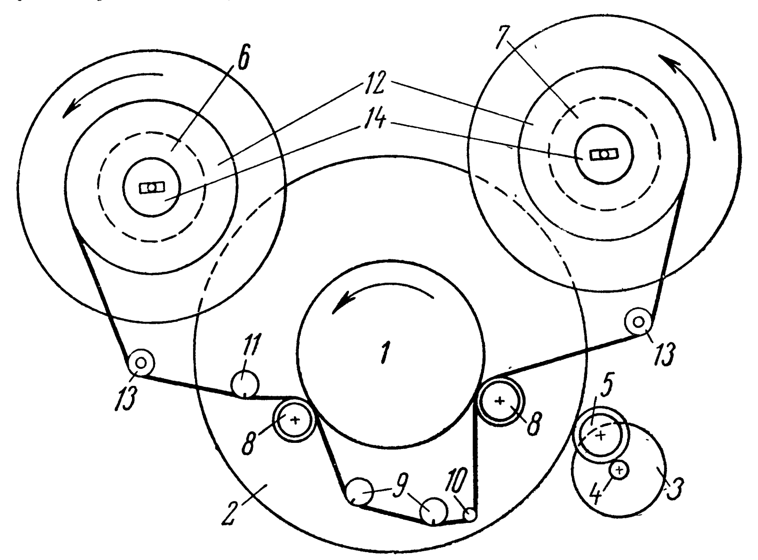


Рис. 14. Кинематическая схема лентопротяжного механизма магнитофона с малой детонацией.

1 — ведущий валик; *2* — маховик; *3* — ведущий двигатель; *4* — вал ведущего двигателя; *5* — промежуточный резиновый ролик; *6* — разматывающий (перематывающий) двигатель; *7* — наматывающий двигатель; *8* — прижимные резиновые ролики; *9* — магнитные головки записи и воспроизведения; *10* — направляющая стойка; *11* — стирающая головка; *12* — рулоны ленты; *13* — обводные ролики; *14* — бобышки.

источник колебаний мгновенной скорости. Детонация этого рода объясняется неточностями в шаге перфорации на ленте и зубцов на ведущем барабане. Для уменьшения влияния высокочастотных составляющих детонации в тракте лентопротяжного механизма устанавливают специальные вращающиеся инерционные элементы (сложные механические фильтры), которые позволяют получить значение детонации такого же порядка, как и в лучших магнитофонах, использующих гладкую неперфорированную ленту.

Существуют лентопротяжные механизмы, обладающие очень малой величиной детонации. Кинематическая схема механизма такого магнитофона приведена на рис. 14.

Привод ведущего валика осуществляется на внешний обод маховика от синхронного ведущего двигателя через промежуточный

резиновый ролик. При ускоренном ходе ленты вперед или назад лента отводится от ведущего валика и проходит по тракту без его участия. При этом боковые двигатели работают в тех же режимах, что в обычной трехмоторной схеме.

Магнитная лента приводится в движение ведущим валиком большого диаметра, к которому она прижимается двумя прижимными резиновыми роликами. Магнитные головки записи и воспроизведения расположены между прижимными роликами на участке, где лента отведена от поверхности ведущего валика с помощью неподвижной направляющей стойки. Сравнительно со схемой обычного трехмоторного механизма здесь при той же линейной скорости ленты диаметр ведущего валика примерно в 20 раз больше. Это позволяет изготовить его с гораздо большей относительной точностью и тем самым практически устранить детонацию с частотой вращения ведущего валика. Ведущий валик снабжен большим маховиком, что стабилизирует скорость его вращения и делает ее практически независимой от воздействия прижимных резиновых роликов и мгновенных изменений скорости ведущего двигателя. Наличие двух прижимных роликов обеспечивает надежную изоляцию участка ленты около магнитных головок записи и воспроизведения от воздействия переменных усилий подающего и приемного рулонов.

Такая схема лентопротяжного механизма позволила практически полностью устранить детонацию, вызванную узлами разматывающего и наматывающего двигателей, и значительно уменьшить детонацию за счет ведущего валика, благодаря чему мгновенные колебания скорости в этом аппарате носят беспорядочный непериодический характер. В то же время такая система из-за фрикционной передачи между ведущим двигателем и маховиком ведущего валика не обеспечивает достаточной стабильности средней скорости, которая здесь хуже, чем в механизме с непосредственным ведением ленты.

Получение высокостабильной скорости движения магнитной ленты является весьма сложной задачей. Одни схемы позволяют стабилизировать среднюю скорость ленты, другие — уменьшить величину ее мгновенных колебаний. Однако нет лентопротяжных механизмов, одновременно обеспечивающих высокие показатели по этим двум параметрам. В то же время в аппаратах для записи телевизионных сигналов требования к равномерности движения ленты выше возможностей обычных схем лентопротяжных механизмов. Решение этой задачи оказалось возможным только в самое последнее время, когда были созданы специальные системы автоматического регулирования движения магнитной ленты. Использование систем автоматического регулирования в технике магнитной записи позволило создать надежные конструкции аппаратов записи и воспроизведения телевизионных сигналов и значительно расширить области применения магнитной записи.

6. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЛЕНТЫ

В устройствах магнитной записи в процессе воспроизведения ранее записанной программы происходит нарушение первоначальных временны́х соотношений записанного сигнала, в результате чего частота сигнала, воспроизводимого с ленты, обычно несколько отли-

чается от частоты первоначального сигнала. Это объясняется несоответствием времени записи $t_з$ и времени воспроизведения $t_в$ одних и тех же участков программы и носит название искажений временно́го масштаба. Такие искажения оцениваются величиной относительной временно́й ошибки, численно равной коэффициенту временно́й нестабильности:

$$\delta = \frac{t_в - t_з}{t_з} = \frac{\Delta t}{t_з},$$

где Δt — абсолютная временна́я ошибка.

Причина этих временны́х искажений заключается в нестабильности движения ленты и изменении ее длины в процессе движения. Увеличение скорости ленты уменьшает время воспроизведения программы и приводит к увеличению частоты сигнала. Растяжение ленты при воспроизведении увеличивает ее длину и приводит к обратному результату. Поэтому коэффициент временно́й нестабильности может быть выражен через относительные изменения средней частоты воспроизводимого сигнала $\Delta f_{ср}/f_{ср}$ или через относительные изменения средней скорости $\Delta v_{ср}/v_{ср}$ и длины магнитной ленты $\Delta l/l$, т. е.

$$\delta = -\frac{\Delta f_{ср}}{f_{ср}} = \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta v_{ср}}{v_{ср}}.$$

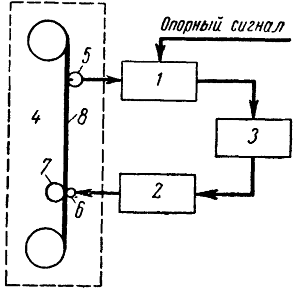


Рис. 15. **Общая схема системы автоматического регулирования движения ленты.**

1 — дискриминатор; 2 — регулирующий орган (ведущий двигатель); 3 — промежуточные устройства; 4 — регулируемый объект (лентопротяжный механизм); 5 — головка воспроизведения контрольного сигнала; 6 — валик ведущего двигателя; 7 — прижимной ролик; 8 — лента.

Изменения временно́го масштаба, как и изменения скорости, бывают медленными, в виде изменения средней частоты воспроизводимого сигнала, и быстрыми, в виде изменения его мгновенной частоты. Изменение мгновенной частоты происходит из-за детонации механизма, а изменение средней частоты — из-за нестабильности средней скорости и растяжения ленты.

Для устранения медленных искажений временно́го масштаба применяют специальные системы автоматического регулирования движения ленты. Благодаря этому удается устранить медленные искажения временно́го масштаба и осуществить синхронизацию частоты воспроизводимого сигнала с частотой опорного сигнала. На рис. 15 приведена общая схема системы автоматического регулирования движения ленты, которая обычно используется в аппаратах магнитной записи для компенсации медленных искажений временно́го масштаба.

Система регулирования состоит из чувствительного элемента (дискриминатора) и регулирующего (исполнительного) органа, которым в лентопротяжном механизме является ведущий двигатель, связанных между собой через промежуточные устройства. В зависимости от структурной схемы системы регулирования и используемого в ней исполнительного органа (ведущего двигателя) меняются характер и содержание промежуточных устройств. Система регулиро-

вания работает следующим образом. Одновременно с записью сигнала программы на отдельной магнитной дорожке записывается опорный сигнал. В зависимости от требований к точности поддержания временно́го масштаба в качестве источника опорного сигнала может быть использован генератор с кварцевой или камертонной стабилизацией. При записи телевизионных программ в качестве опорного сигнала используется строчная, кадровая или кратная ей частота. Иногда опорный сигнал не записывается на отдельной дорожке, а выделяется из сигнала программы. Опорный сигнал, воспроизведенный с ленты, называется *контрольным сигналом*. Он содержит в себе все изменения временно́го масштаба, которые испытывает записанная программа в процессе ее воспроизведения.

Регулирование скорости движения ленты происходит в процессе воспроизведения. На чувствительный элемент системы — дискриминатор поступают два управляющих сигнала: контрольный, воспроизводимый с ленты, и опорный сигнал.

В результате сравнения управляющих сигналов в дискриминаторе по их временным параметрам (частоте или фазе) на его выходе образуется сигнал ошибки, который через промежуточные элементы системы оказывает воздействие на скорость вращения ведущего двигателя. Изменение скорости движения ленты в свою очередь влияет на частоту контрольного сигнала и приводит к уменьшению сигнала ошибки на выходе дискриминатора. Таким образом, цепь обратной связи оказывается замкнутой.

Если в системе регулирования в качестве чувствительного элемента используется частотный дискриминатор, то на его выходе получается сигнал ошибки, величина которого пропорциональна отклонению частоты воспроизводимого контрольного сигнала от частоты опорного сигнала. Соответственно этому воздействие системы на регулируемый параметр — частоту контрольного сигнала будет пропорционально отклонению ее от частоты опорного сигнала. Процесс регулирования в такой системе направлен на уменьшение величины начальной ошибки, имевшей место в системе без регулирования. Процесс регулирования прекращается раньше, чем эта ошибка достигнет нуля, а частота контрольного сигнала станет равной опорной частоте. Это отклонение регулируемого параметра, частоты воспроизводимого контрольного сигнала, от заданной величины — частоты опорного сигнала называется статической ошибкой регулирования. Наличие статической ошибки приводит к тому, что частота воспроизводимого сигнала всегда будет отличаться от частоты опорного сигнала.

Если в системе регулирования используется фазовый дискриминатор, то его выходное напряжение и, следовательно, его воздействие на регулируемый параметр будут пропорциональны разности фаз контрольного и опорного сигналов. Здесь статическая ошибка будет выражаться в виде временно́й ошибки по фазе, а не по частоте, как это имело место в системе с использованием частотного дискриминатора.

В аппаратах для записи телевизионных сигналов исправление искажений временно́го масштаба должно быть таким, чтобы обеспечивалось равенство частот воспроизводимого контрольного и опорного сигналов. Система регулирования с частотным дискриминатором имеет ошибку по частоте и не может обеспечить этих условий. Она не устраняет, а лишь уменьшает искажения временно́го мас-

штаба, вследствие чего частоты контрольного и опорного сигналов не будут равны. Система автоматического регулирования, где сигнал временной ошибки образуется фазовым дискриминатором, обеспечивает условия совпадения частот. Поэтому в видеомагнитофонах в качестве системы автоматического регулирования используется именно такая система.

Элементы системы регулирования по-разному влияют на ее работу: одни являются вспомогательными и служат для формирова-

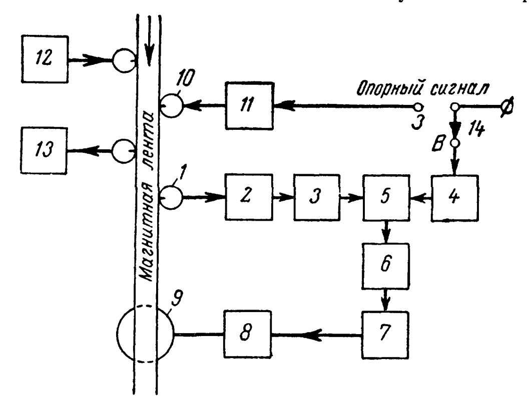


Рис. 16. Блок-схема системы автоматического регулирования движения ленты с синхронным электродвигателем.

1 — головка воспроизведения контрольного сигнала; *2* — усилитель воспроизведения контрольного сигнала; *3* и *4* — формирующие устройства; *5* — фазовый дискриминатор; *6* — генератор управляемой частоты; *7* — усилитель мощности; *8* — ведущий синхронный электродвигатель; *9* — валик ведущего двигателя; *10* — головка записи опорного сигнала; *11* — усилитель записи опорного сигнала; *12* — канал записи и *13* — канал воспроизведения основной программы; *14* — переключатель.

ния управляющих сигналов и усиления мощности, другие — определяют основные параметры и характеристики системы и являются ее главными структурными элементами. На рис. 16 приведена блок-схема системы автоматического регулирования лентопротяжного механизма с синхронным двигателем. Главными структурными элементами в этой схеме являются фазовый дискриминатор, генератор управляемой частоты и ведущий синхронный двигатель. Управляющие сигналы, поступающие на вход фазового дискриминатора, предварительно формируются в синусоидальное или импульсное напряжение в зависимости от схемы дискриминатора. Выходное напряжение фазового дискриминатора, пропорциональное разности фаз между двумя входными управляющими сигналами, поступает на генератор управляемой частоты, которая изменяется соответственно этому сигналу. Двигатель питается от этого генератора через усилитель мощности.

Известно много схем фазовых дискриминаторов, работающих как от синусоидальных, так и импульсных управляющих сигналов. Контрольный сигнал, воспроизводимый с ленты, как правило, имеет паразитную амплитудную модуляцию, поэтому предпочтение отдается импульсным дискриминаторам. Последние практически не имеют в выходном сигнале паразитных составляющих, вызванных колебаниями амплитуды входных сигналов.

На рис. 17 приведена одна из возможных схем дискриминатора мостового типа, работающая как от синусоидальных, так и импульсных управляющих сигналов.

Фазовый дискриминатор состоит из двух выпрямителей B_1 и B_2, питаемых напряжением со вторичных обмоток трансформаторов $Тр_3$

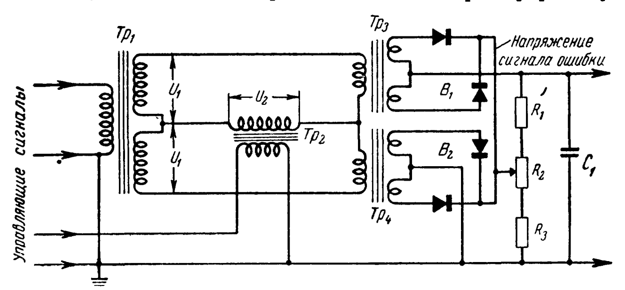


Рис. 17. Принципиальная схема мостового фазового дискриминатора.

и $Тр_4$. Сигнал опорной частоты и контрольный сигнал, воспроизводимый с ленты, поступают на входные трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$. Первичные обмотки трансформаторов $Тр_3$ и $Тр_4$ включены в цепь входных трансформаторов так, что напряжение, питающее выпрямитель B_1, оказывается пропорциональным модулю геометрической суммы напряжений управляющих сигналов U_1 и U_2, а напряжение, питающее выпрямитель B_2, — разности этих напряжений.

Каждый выпрямитель осуществляет двухполупериодное выпрямление входных сигналов и на сопротивлении нагрузки (R_1, R_2 и R_3) выделяется выходной сигнал ошибки, соответствующий сдвигу фаз входных управляющих сигналов. Так как сигнал ошибки представляет собой выпрямленное напряжение, то его значение зависит также от формы и амплитуды управляющих сигналов, что является недостатком этой схемы. Влияния на выходной сигнал ошибки уровня входных сигналов можно избежать, если опорный сигнал взять неизменным по амплитуде, а контрольный сигнал подавать со значительно бóльшим уровнем. Тогда неравномерность амплитуды контрольного сигнала, воспроизводимого с ленты, практически не будет сказываться на величине выходного сигнала дискриминатора.

На рис. 18 приведена статическая характеристика дискриминатора, снятая при синусоидальных входных сигналах для случая, когда $U_2 = 10U_1$ (кривая *1*). Она имеет вид периодической функции, близкой к косинусоидальной, и при изменении фазы управляющих сигналов от нуля до 2π дважды переходит через нулевое значение при соотношении фаз $0{,}5\pi$ и $1{,}5\pi$. Для точной установки места перехода

через нуль служит балансировочное сопротивление R_2, которое выравнивает величину напряжений, снимаемых с выпрямителей B_1 и B_2.

Если на вход дискриминатора подавать сигналы с ограничителя, стабильные по амплитуде, со скважностью, равной двум, то при равенстве амплитуд управляющих сигналов линейность склонов характеристики улучшается (кривая *2*), что благоприятно сказывается на работе системы регулирования в целом. Рабочий участок статической характеристики ограничен протяженностью одного из ее склонов и соответствует изменению разности фаз управляющих сигналов на π.

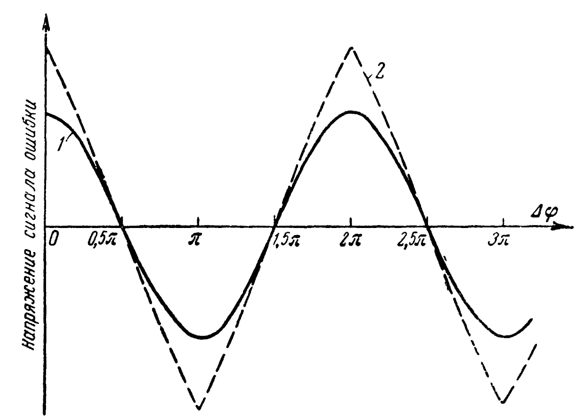


Рис. 18. Статическая характеристика мостового фазового дискриминатора.

До включения системы регулирования между опорной частотой и частотой контрольного сигнала, как правило, существует некоторая малая разность частот Δf. В этом случае разность фаз между этими сигналами становится функцией времени. Характеристика дискриминатора также может быть представлена в виде временно́й функции с периодом, равным периоду разностной частоты $1/\Delta f_{\text{ср}}$. Тогда длительность рабочего участка характеристики $T_{\text{р}}$ может быть выражена как

$$T_{\text{р}} = \frac{0,5}{\Delta f_{\text{ср}}} = \frac{0,5}{\delta f_{\text{ср}}}.$$

Отсюда следует: чем меньше частота управляющих сигналов и чем меньше коэффициент временно́й нестабильности или искажение временно́го масштаба, подлежащие регулированию, тем больше протяженность рабочего участка характеристики, на котором система может оказывать свое регулирующее воздействие. После включения система автоматически устанавливается в рабочей точке на том склоне характеристики, где обеспечивается отрицательная обратная связь в замкнутой цепи регулирования.

Работа системы возможна только в том случае, если процесс регулирования заканчивается раньше, чем крутизна характеристики из-

менит свой знак на обратный. Это значит, что протяженность рабочего участка характеристики дискриминатора должна быть больше, чем время вхождения системы в установившийся режим. В противном случае система не приходит к установившемуся режиму и регулирование отсутствует.

Известно, что время регулирования системы определяется окончанием переходных процессов во всех ее звеньях и зависит от параметров и характеристик системы. Поэтому особое внимание следует обращать на выбор частоты управляющих сигналов, так как при заданных значениях временно́й нестабильности частота управляющих сигналов определяет протяженность (время) рабочих участков характеристики дискриминатора и, следовательно, возможность системы осуществлять свое регулирующее воздействие. Так, например, для лентопротяжных механизмов магнитофона МЭЗ-15 и аналогичных с ними конструкций автоматическое регулирование скорости ленты хорошо осуществляется на частотах порядка 300 *гц*.

Надо иметь в виду еще одно немаловажное обстоятельство, которое ограничивает увеличение частоты управляющих сигналов. Рассматриваемая система автоматического регулирования устраняет только медленные изменения временно́го масштаба. Поэтому составляющие временно́й ошибки, вызванные детонацией, не устраняются и создают изменения фазы управляющего контрольного сигнала. Для стабильной работы системы регулирования необходимо, чтобы эти изменения фазы были в пределах рабочего участка характеристики дискриминатора. Из рис. 18 следует, что изменения фазы контрольного сигнала, вызванные детонацией, не могут быть больше, чем $\pm 0{,}5\pi$. Невыполнение этого условия приводит к нарушению процесса регулирования и вызывает непоправимые искажения временно́го масштаба воспроизводимой программы.

Вторым структурным элементом системы регулирования является генератор управляемой частоты. Он изменяет свою частоту под воздействием сигнала временно́й ошибки, причем эта зависимость должна быть линейной в пределах размаха статической характеристики дискриминатора. Кроме этого генератор должен обладать хорошей стабильностью генерируемой частоты, независимостью ее от изменений внешних факторов, в первую очередь от колебаний питающих напряжений.

На рис. 19 приведена схема генератора управляемой частоты с фазосдвигающей цепочкой *RC*. Генератор собран на пентоде $Л_3$ с трехзвенной фазосдвигающей цепочкой. Первое и третье фазосдвигающие звенья состоят из конденсаторов C_6 и C_8 и сопротивлений R_9 и R_{10}. Второе звено состоит из конденсатора C_7 и эквивалентного сопротивления, которое образуется активным сопротивлением R_3 и последовательно включенной с ним схемой управления на лампах $Л_1$ и $Л_2$.

Для возникновения автоколебаний в таком генераторе необходимо, чтобы каждая из трех сдвигающих цепочек обеспечила сдвиг фазы на 60°. Это условие при неизменных значениях *R* и *C* обеспечивается только на одной частоте, где обратная связь положительна. Значение фазового сдвига зависит от отношения реактивного и активного сопротивлений в каждом звене. Если любая из этих компонент меняется, то изменяется фазовый сдвиг, и обратная связь на первоначальной частоте уже не будет оптимальной. Схема будет ге-

нерировать другую частоту, для которой новый фазовый сдвиг будет оптимальным.

Во время работы схемы часть генерируемого сигнала, появляющегося на входе второй фазосдвигающей цепочки (на конденсаторе C_7 и сопротивлении R_3), через делитель напряжения из сопротивлений R_8 и R_7 передается на сетку усилительной лампы $Л_2$. Этот сигнал переворачивается лампой $Л_2$ на 180° и поступает на сетку лампы $Л_1$ катодного повторителя. Вследствие этого изменяется ток через сопротивление R_3, и в цепочке RC происходит такое изменение напряжения, как будто бы сопротивление R_3 изменило свою величину.

Напряжение сигнала временной ошибки с выхода фазового дискриминатора поступает на экранирующую сетку пентода $Л_1$, изме-

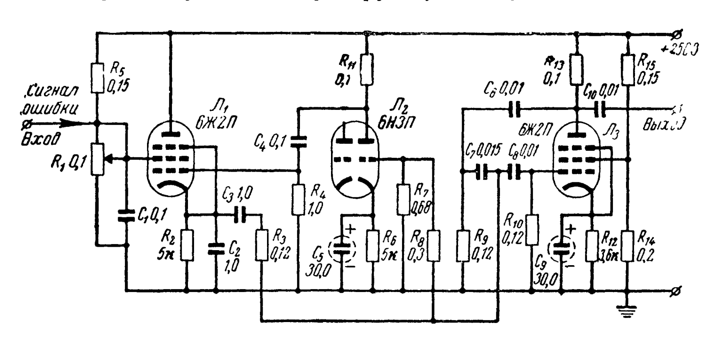


Рис 19. Принципиальная схема генератора управляемой частоты с фазосдвигающей цепочкой.

няет коэффициент передачи катодного повторителя и тем самым производит управление частотой генератора. Генератор имеет синусоидальный выходной сигнал и линейную (в достаточных пределах) характеристику с крутизной 0,1 *гц/в* при средней частоте 50 *гц*.

Выходной сигнал генератора управляемой частоты усиливается усилителем мощности, который питает исполнительный элемент системы (ведущий двигатель лентопротяжного механизма). Усилитель рассчитывается на пусковую мощность двигателя, которая несколько больше его номинальной электрической мощности. Отношение номинального выходного напряжения усилителя к величине напряжения шумов в виде фона должно быть не хуже 40—50 *дб*. В противном случае между шумовой компонентой фона 50 *гц* и номинальной частотой полезного сигнала 50 *гц*, которые фактически всегда отличаются друг от друга на весьма малую величину по частоте, возникают биения. Эти биения вызывают фазовую модуляцию выходного сигнала, которая, в конечном итоге, приводит к паразитным качаниям двигателя и вызывает дополнительную низкочастотную детонацию.

В аппаратах для записи телевизионных сигналов в качестве ведущего может найти применение также и асинхронный двигатель, скорость которого регулируется с помощью электромагнитной муфты. Последняя состоит из неподвижного статора с обмоткой и вспомога-

тельного ротора, насаженного на один вал с ротором асинхронного двигателя. В номинальном режиме ток подмагничивания, протекающий через обмотку статора муфты, создает за счет вихревых токов электромагнитное поле во вспомогательном роторе. Это поле, взаимодействуя с полем статора, создает определенный тормозной момент, благодаря чему асинхронный двигатель идет с повышенным скольжением и его скорость будет несколько меньше номинальной. При изменении сигнала ошибки, поступающего с выхода дискриминатора, ток через муфту меняется, увеличивая или уменьшая тормозное поле, и тем самым изменяет скорость вращения двигателя. Как видно, в такой системе нет необходимости в генераторе управляемой частоты. Здесь сразу после дискриминатора следует усилитель постоянного тока, причем его мощность значительно меньше, чем мощность усилителя для питания синхронного двигателя.

В случае использования синхронного двигателя управляемая мощность равна мощности, потребляемой самим двигателем, в чем и заключается основной недостаток системы регулирования с синхронным двигателем. При регулировании асинхронного двигателя последний питается от электросети, а управляемая мощность расходуется только в электромагнитной муфте для получения тормозящего поля. Однако, несмотря на эти преимущества асинхронного двигателя, он имеет ряд недостатков, связанных с нестабильностью его вращения. Скорость вращения синхронного двигателя определяется только частотой питающей электросети и не зависит от других факторов. Скорость же асинхронного двигателя зависит не только от частоты и напряжения питающей сети, но и от тормозного момента, действующего на двигатель. В то же время в лентопротяжном механизме нагрузка на ведущий двигатель изменяется в зависимости от натяжения ленты и действующих усилий разматывающего и наматывающего двигателей. Поэтому при использовании асинхронного двигателя оказывается необходимым, во-первых, стабилизировать его скорость в процессе записи и, во-вторых, создавать специальную следящую систему, поддерживающую в аппарате неизменным натяжение ленты и стабилизирующую нагрузку на ведущий двигатель.

7. ТОЧНОСТЬ РАБОТЫ И НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Точность работы лентопротяжного механизма с системой автоматического регулирования удобно оценивать по величине абсолютной временно́й ошибки Δt, которая определяет отклонение временны́х параметров воспроизводимого контрольного сигнала от опорного сигнала и показывает нарушения временно́го масштаба в основной программе при продольной записи. Абсолютная временна́я ошибка складывается из трех составляющих:

$$\Delta t = \Delta\tau_{с} + \Delta\tau_{д} + \Delta\tau_{м}.$$

Первые две составляющие этой суммы, статическая $\Delta\tau_{с}$ и динамическая $\Delta\tau_{д}$ временны́е ошибки, обусловлены процессом регулирования. Третья составляющая $\Delta\tau_{м}$ является временно́й ошибкой, вызванной детонацией механизма.

Временна́я статическая ошибка, возникающая в замкнутой системе, пропорциональна отклонению регулируемого параметра в лен-

топротяжном механизме без регулирования, т. е. коэффициенту временно́й нестабильности.

Коэффициент временно́й нестабильности δ, как уже было сказано выше, зависит от изменений скорости и длины магнитной ленты в процессе ее записи и воспроизведения. На рис. 20 приведены кривые, показывающие изменения коэффициента временно́й нестабильности в лентопротяжном механизме аппарата МЭЗ-15. Из приведенных зависимостей видно, что коэффициент временно́й нестабильности за время воспроизведения всего рулона ленты меняется в весьма небольших пределах. Поэтому его отклонения $\Delta\delta$ от среднего значения малы. Каждая последующая перемотка вызывает увеличение средней величины коэффициента временно́й нестабильности. Это явление объясняется растяжением магнитной ленты во время ее движения в механизме, особенно в период ускоренного хода при перемотках. Так как статическая ошибка прямо пропорциональна коэффициенту временно́й нестабильности в механизме без регулирования, то она будет иметь такой же характер, что и кривые, приведенные на рис. 20.

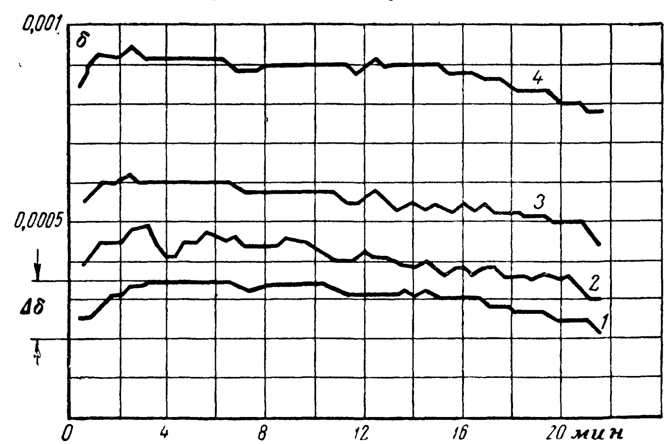


Рис. 20. Коэффициент временно́й нестабильности в зависимости от числа перемоток рулона ленты.

1 — после одной; *2* — после двух; *3* — после пяти; *4* — после десяти перемоток.

Величина статической ошибки зависит также и от параметров системы регулирования: чем выше коэффициент усиления системы, тем с большей точностью протекает процесс регулирования и тем меньше величина статической ошибки. Коэффициент усиления системы регулирования равен произведению коэффициентов передачи всех ее звеньев. В рассматриваемом случае его величина определяется крутизной характеристик дискриминатора и генератора управляемой частоты.

В лентопротяжном механизме скорость вращения ведущего двигателя, а следовательно, скорость движения ленты не могут изменяться одновременно с появлением сигнала временно́й ошибки. По-

этому изменение временно́го масштаба воспроизводимого контрольного сигнала отстает от сигнала временно́й ошибки, полученного благодаря этим изменениям. Эта задержка объясняется инерционностью отдельных звеньев цепи обратной связи, в первую очередь ведущего двигателя. Инерционность системы регулирования определяется ее постоянной времени. Для того чтобы процесс проходил нормально и система выполняла свои функции, коэффициент усиления в системе и ее инерционность должны находиться в определенных соотношениях. Чтобы избежать появления автоколебаний в системе регулирования, необходимо при проектировании системы стремиться к уменьшению ее инерционности, что позволяет получить наибольшую величину коэффициента усиления. Постоянная времени системы регулирования практически определяется двумя элементами системы: инерционностью ведущего двигателя механизма и постоянной времени выходных цепей фазового дискриминатора. Так как инерционность двигателя предопределена конструкцией лентопротяжного механизма, то настройка системы производится путем выбора оптимальных значений постоянной времени выходных цепей дискриминатора и коэффициента усиления системы.

Инерционность системы и ее коэффициент усиления влияют на динамические свойства системы. Последние оцениваются по отклонениям регулируемого параметра во время переходного процесса от его значения в установившемся режиме. На рис. 21 приведены кривые процесса регулирования, снятые на выходе фазового дискриминатора при вхождении системы в установившийся режим. Кривая на рис. 21,*а* соответствует оптимальным параметрам системы, при которых время переходного процесса мало и система имеет удовлетворительное качество регулирования. Другая кривая (рис. 21,*б*) соответствует неоптимальному выбору параметров системы и имеет характер затухающих колебаний. Из-за большой длительности переходного процесса такая система имеет плохое качество регулирования. Из приведенных кривых можно сделать вывод, что при оптимальных параметрах динамическая ошибка регулирования будет весьма небольшой, а в системе с неоптимальными параметрами она может достигать весьма больших значений и преобладать над другими составляющими сигнала временно́й ошибки.

Система автоматического регулирования находится под влиянием не только главного возмущающего воздействия, обусловленного изменением временно́го масштаба воспроизводимого контрольного сигнала, но и ряда других воздействий, которые приходится компенсировать ей в процессе работы. К их числу относятся изменения параметров и характеристик отдельных структурных звеньев цепи обратной связи, вызванных прежде всего нестабильностью питающих напряжений. Известно, что процесс автоматического регулирования распространяется на исправление любой погрешности, в том числе и нестабильностей, возникших в любом звене цепи обратной связи. В этом смысле имеет место универсальность действия автоматического регулирования.

Вполне понятно, что если величина собственной временно́й нестабильности звеньев системы регулирования будет больше величины главного возмущающего воздействия, то такая система вынуждена будет отрабатывать в основном нестабильность самой электронной схемы. Поэтому для повышения точности работы системы большое значение имеют правильный выбор всех элементов цепи обратной

связи, тщательная оценка возможной нестабильности их характеристик и меры повышения их стабильности.

Третья составляющая сигнала временно́й ошибки $\Delta\tau_м$ зависит от детонации лентопротяжного механизма. Дело в том, что система автоматического регулирования средней скорости движения ленты

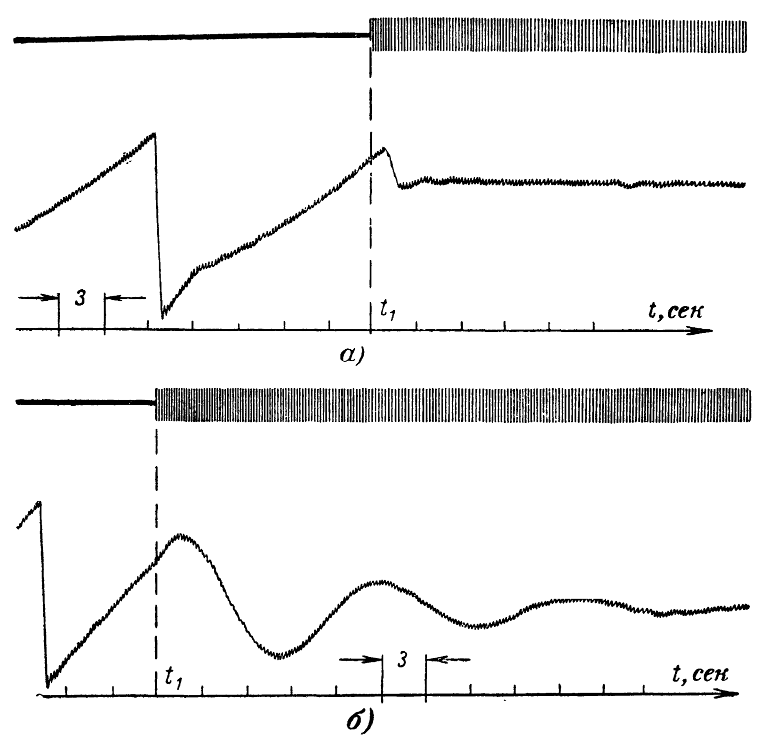


Рис. 21. Кривые процесса регулирования при вхождении системы в установившийся режим.

а — при оптимальных и *б* — неоптимальных параметрах системы регулирования; t_1 — момент включения системы автоматического регулирования.

в достаточной мере инерционна: она способна отрабатывать только весьма медленные изменения скорости и не может реагировать на ее быстрые изменения. Поэтому составляющие, вызванные детонацией, всегда присутствуют в сигнале абсолютной временно́й ошибки. Изменение этой составляющей носит такой же характер, что и детонация. Амплитудное значение временно́й ошибки $\Delta\tau_м$ для частоты F детонации будет

$$\Delta\tau_м = \frac{1}{2\pi F}\frac{\rho}{100}.$$

Отсюда следует, что величина этой ошибки возрастает с понижением частоты детонации. Чтобы уменьшить такую ошибку, необходимо исключить или, по крайней мере, ослабить прежде всего низкочастотные составляющие детонации. Это выполняется тщательным изготовлением и балансировкой узлов лентопротяжного механизма, особенно тех, которые могут быть источниками низкочастотных составляющих детонации. Нужно отметить, что определенные частоты детонации, присутствующие в сигнале временнóй ошибки, могут вызвать значительные паразитные качания двигателя и ухудшить работу системы. Сам двигатель имеет нелинейную фазовую характеристику, вследствие чего на определенных частотах может возникнуть положительная обратная связь, что приводит к качанию двигателя. Для устранения такого явления увеличивают постоянные времени выходных цепей дискриминатора. Это исключает возможность проникновения в управляющее напряжение этих опасных составляющих детонации.

Периодический характер статической характеристики дискриминатора и ограниченная протяженность ее рабочего участка, о чем уже было сказано выше (рис. 18), накладывают определенные условия на настройку системы регулирования.

Настройка системы регулирования состоит из предварительной настройки ее элементов и точной подстройки системы регулирования в целом.

Предварительная настройка производится в разомкнутой системе. Она заключается в согласовании характеристик фазового дискриминатора и генератора управляемой частоты, в результате чего определяется рабочая точка для номинального режима. В начале настройки размыкается цепь обратной связи, для чего с фазового дискриминатора снимаются управляющие сигналы (рис. 16). При этом сигнал временнóй ошибки на выходе дискриминатора будет равен нулю, что соответствует номинальному режиму для работы генератора управляемой частоты. Далее устанавливают среднюю частоту генератора равной 50 *гц*, для чего регулятором R_1 (рис. 19) изменяют в небольших пределах напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_1$ катодного повторителя. После этого на входы фазового дискриминатора (рис. 16) включают опорный сигнал, а вместо контрольного сигнала с усилителя воспроизведения подают сигнал со вспомогательного генератора. На выходе фазового дискриминатора образуется напряжение временнóй ошибки, изменяющееся по периодическому закону, с периодом, равным периоду разностной частоты. Периодические изменения временнóй ошибки вызывают соответствующие изменения частоты управляемого генератора.

Для того чтобы изменение частоты управляемого генератора было легко измерить, например с помощью частотомера, период их изменения надо сделать сравнительно большим (порядка нескольких секунд). Для этого частоту вспомогательного генератора и опорную частоту управляющих сигналов устанавливают настолько близкими друг к другу, чтобы их разностная частота была равна долям герца, что можно легко наблюдать по частоте сигнала ошибки на выходе фазового дискриминатора. Обычно отклонения частоты управляемого генератора от среднего значения бывают небольшими. Так, для системы управления, применяемой в лентопротяжном механизме аппарата МЭЗ-15 или аналогичной системы, отклонения частоты от 50 *гц* порядка ± 1—2 *гц* являются оптимальными.

Симметричность отклонения частоты управляемого генератора относительно ее номинальной величины 50 *гц* устанавливается балансным сопротивлением R_2 (рис. 17). В этом случае, если амплитуда отклонения частоты превышает указанные ± 1—2 *гц*, следует уменьшить крутизну статической характеристики дискриминатора. Это достигается пропорциональным уменьшением уровня управляющих сигналов. Для увеличения амплитуды отклонения частоты генератора уровень управляющих сигналов следует увеличить. После такого согласования рабочих характеристик дискриминатора и генератора управляемой частоты система будет настроена на номинальный режим.

Для точной настройки системы в целом цепь обратной связи замыкается. Управляющий сигнал, поступающий на дискриминатор со вспомогательного генератора, заменяется контрольным сигналом с усилителя воспроизведения (рис. 16). С включением обратной связи система регулирования приходит к установившемуся режиму.

Так как при исправлении начальной временно́й нестабильности в процессе регулирования возникает статическая ошибка, то рабочая точка несколько смещается от номинальной. Повторная точная подстройка средней частоты управляемого генератора позволяет откорректировать рабочую точку дискриминатора, установив ее в середину линейного участка характеристики.

Положение рабочей точки и временна́я ошибка определяются путем измерения среднего напряжения на выходе фазового дискриминатора. Поэтому для простоты настройки системы на выход дискриминатора включается стрелочный индикатор нуля, который отмечает положение рабочей точки на характеристике дискриминатора. При правильной установке рабочей точки в замкнутой системе регулирования статическая временна́я ошибка, вызванная средним значением начальной временно́й ошибки, фактически компенсируется, благодаря чему значение средней величины коэффициента временно́й нестабильности δ не будет влиять на работу системы регулирования (рис. 20). Таким образом, система регулирования будет отрабатывать только отклонения коэффициента временно́й нестабильности от его среднего значения, которые, как известно, весьма малы. В этом случае индикатор нуля отмечает знакопеременное, равное по амплитуде, напряжение сигнала временно́й ошибки, характер изменения которой можно наблюдать также на экране осциллографа, включенного параллельно прибору.

При повторном прогоне ленты среднее значение начальной временно́й ошибки увеличивается весьма мало, однако после многократных прогонов ленты ошибка возрастает и может потребоваться вторичная подстройка системы.

Как уже было сказано выше, точность работы лентопротяжного механизма с системой автоматического регулирования, а следовательно, и оптимальный выбор ее характеристик и параметров оцениваются величиной абсолютной временно́й ошибки. На рис. 22 приведена осциллограмма временно́й ошибки в установившемся режиме. Периодические ошибки вызваны в основном детонацией механизма, они не устраняются системой и поэтому присутствуют в сигнале временно́й ошибки. Следует иметь в виду, что более высокочастотные составляющие сигнала ошибки не заметны, так как они ослаблены за счет постоянной времени выходных цепей дискриминатора. Нормально работающая система не увеличивает детонации механизма:

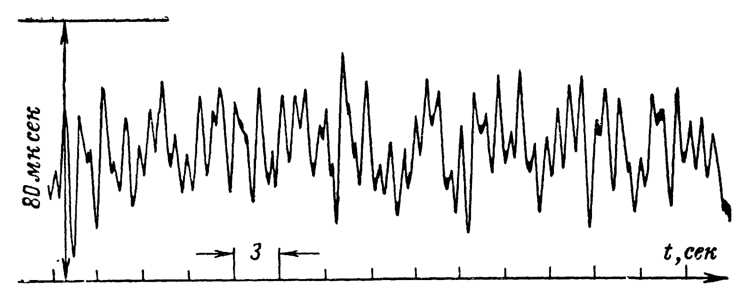


Рис. 22. Осциллограмма сигнала временнóй ошибки.

ее величина и характер с разомкнутой и замкнутой системой регулирования остаются одинаковыми. Это служит одним из показателей оптимального режима работы системы, правильного выбора ее параметров и характеристик. От выбранного режима зависит точность и надежность работы системы регулирования. Поэтому при настройке системы и на это обращают особое внимание, учитывают особенности системы и ее элементов для каждой конкретной схемы.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ВИДЕОМАГНИТОФОН С ПОПЕРЕЧНОЙ СТРОЧНОЙ ЗАПИСЬЮ

8. ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЙ МЕХАНИЗМ И МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Принцип поперечной строчной записи, схематически изображенный на рис. 4,*б*, оказался наиболее удобным для записи телевизионных изображений на магнитную ленту. В нем сочетается низкая эксплуатационно удобная скорость ленты с высокой относительной скоростью «лента—головка», необходимой для записи высоких частот. Достоинство его состоит также в том, что направления скоростей ленты и головки взаимно перпендикулярны, поэтому неравномерность их относительной скорости зависит исключительно от неравномерности вращения диска с головками. Равномерность вращения диска, жестко закрепленного на валу двигателя, может поддерживаться с высокой степенью точности.

На этом принципе разработано несколько типов видеомагнитофонов. В США видеомагнитофоны разработаны и выпускаются фирмами Ampex и RCA. В Советском Союзе разработано два типа видеомагнитофонов: «Кадр»[1] (рис. 23), в котором используется лента шириной 50,8 *мм*, и «Электрон»[2] (рис. 24) для ленты шириной 70 *мм*.

---

[1] Разработан Всесоюзным научно-исследовательским институтом звукозаписи.

[2] Разработан заводом «Ленкинап» в содружестве с Всесоюзным научно-исследовательским кинофотоинститутом и Всесоюзным научно-исследовательским институтом телевидения.

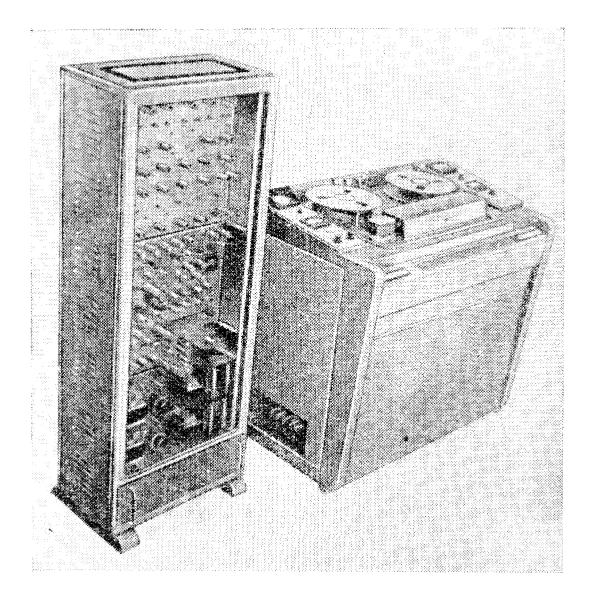


Рис. 23. Общий вид видеомагнитофона „Кадр".

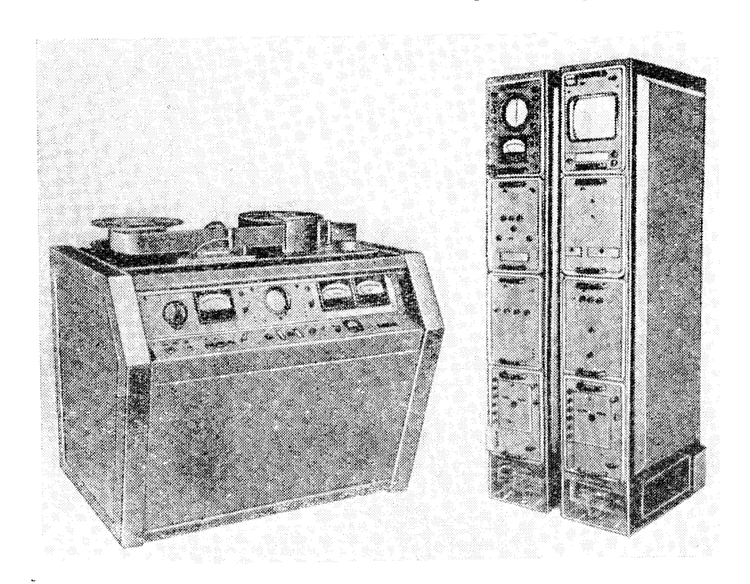


Рис. 24. Общий вид видеомагнитофона „Электрон"

Видеомагнитофоны состоят из четырех основных узлов: лентопротяжного механизма с магнитными головками, системы автоматического регулирования и каналов видеозаписи и звукового сопровождения. В видеомагнитофоне «Кадр» лентопротяжный механизм, электронные блоки системы автоматического регулирования, канала звукового сопровождения и часть блоков канала видеозаписи расположены в тумбе аппарата. Остальные электронные блоки видеоканала размещены в стойке.

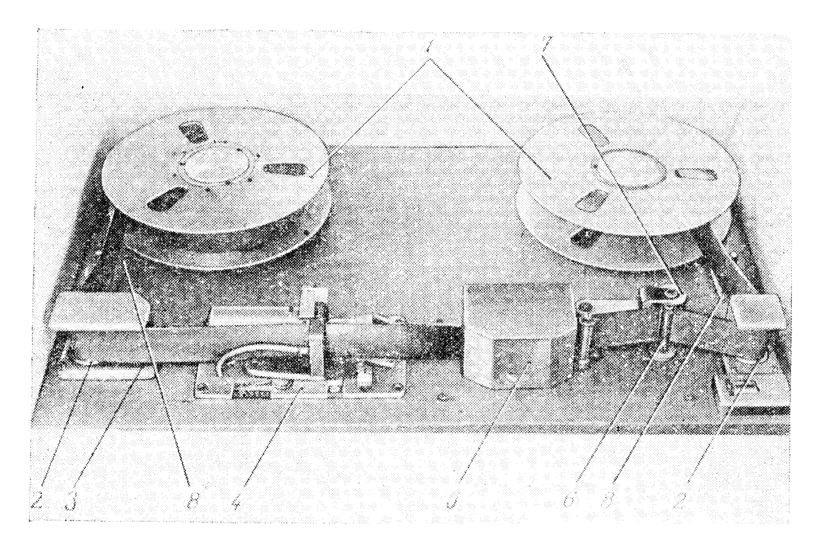


Рис. 25. Лентопротяжный механизм видеомагнитофона.

1 — катушки с лентой; 2 — направляющие ролики; 3 — общая стирающая головка (закрыта лентой); 4 — блок вращающихся видеоголовок; 5 — блок головок звукового сопровождения и режиссерских пояснений; 6 — ведущий валик; 7 — прижимной резиновый ролик; 8 — рычаги для натяжения ленты.

Краткое описание основных узлов этого видеомагнитофона приводится ниже.

Лентопротяжный механизм видеомагнитофона (рис. 25) построен по уже описанной трехмоторной схеме. Лента во время записи и воспроизведения разматывается с катушки, укрепленной на валу левого двигателя, огибает направляющий ролик и на участке между ним и ведущим валиком соприкасается с магнитными головками. К ведущему валику, жестко соединенному с ведущим двигателем, лента прижимается резиновым роликом. Скорость движения ленты 39,7 *см/сек*; она соответствует скорости, принятой в зарубежных видеомагнитофонах, работающих на европейском телевизионном стандарте. После второго обводного ролика лента наматывается на приемную катушку, укрепленную на валу правого двигателя.

Справа и слева у кассет установлены рычаги, препятствующие ослаблению натяжения ленты. Левый рычаг, кроме того, снабжен

электрическим контактом, разрывающим цепь питания механизма при обрыве ленты.

При протягивании магнитной ленты возникают большие усилия, поэтому в лентопротяжном механизме необходимы ведущий и боковые двигатели повышенной мощности. Мощность на валу ведущего двигателя должна быть порядка 15—18 *вт*, а крутящий момент боковых двигателей — 9 000 *г·см*.

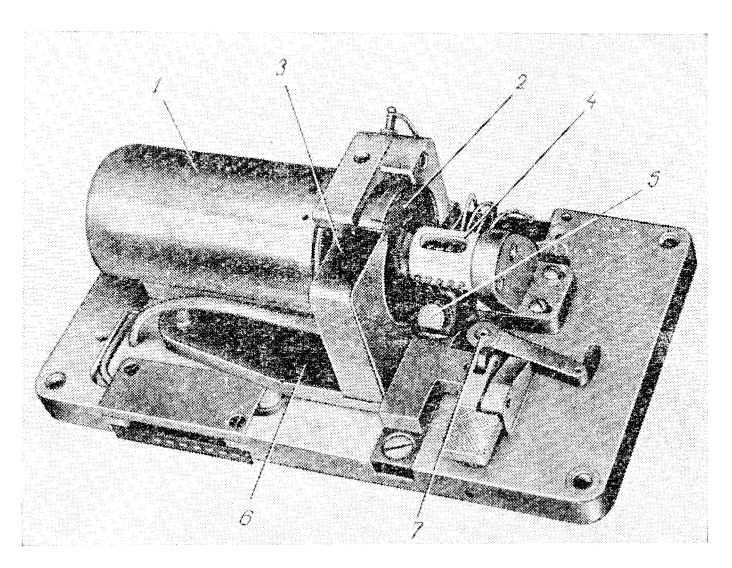


Рис 26. Блок вращающихся видеоголовок.

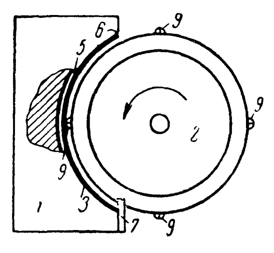
1 — электродвигатель, *2* — диск с видеоголовками; *3* — направляющая камера (присос); *4* — токосъемное устройство; *5* — универсальная головка записи и воспроизведения канала управления; *6* — поворотный кронштейн; *7* — эксцентрик.

Основная особенность механизма видеомагнитофона заключается в конструкции и расположении магнитных головок. Они выполнены в двух блоках: блоке вращающихся головок для записи и воспроизведения видеосигналов и блоке неподвижных головок для записи и воспроизведения звукового сопровождения и режиссерских пояснений. В неподвижном блоке головки расположены таким образом, что запись производится только на верхнем и нижнем краях ленты. Кроме того, имеется отдельно установленная магнитная головка, предназначенная для стирания ленты по всей ее ширине.

Блок вращающихся видеоголовок, общий вид которого показан на рис. 26, наиболее сложный механический узел видеомагнитофона, требующий очень точного изготовления. Он выполнен в виде легкосъемной конструкции, заменяемой при износе магнитных головок.

Узлы блока укреплены на общем основании, на котором размещаются двигатель с диском головок, направляющая камера (при-

сос), токосъемное устройство и универсальная магнитная головка канала управления для записи и воспроизведения опорного сигнала.



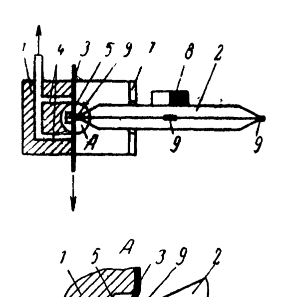


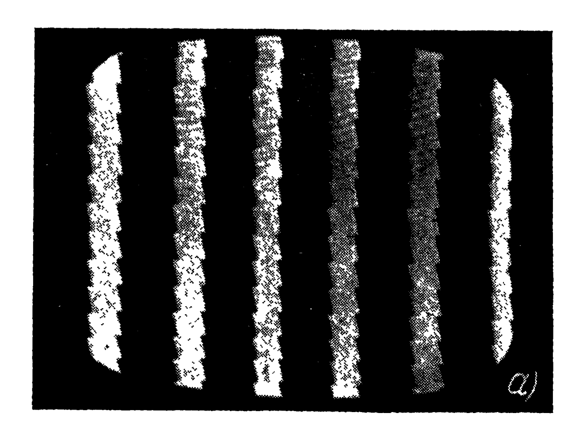
Рис. 27. Взаимное расположение направляющей камеры и диска с головками.

1 — направляющая камера; *2* — диск с видеоголовками; *3* — лента; *4* — щели вакуумного присоса; *5* — канавка; *6* — скос на камере; *7* — упор; *8* — обтюратор фотодатчика; *9* — видеоголовки.

Головки соприкасаются с лентой в направляющей камере, положение которой относительно диска с головками схематически изображено на рис. 27. Лента плотно прилегает к поверхности камеры и удерживается на ней вакуумным присосом, выполненным в виде двух щелей в ее теле, из которых насосом откачивается воздух. Небольшого разрежения достаточно для плотного прилегания ленты к поверхности направляющей камеры. В месте касания головок с лентой вдоль всей поверхности камеры имеется неглубокая канавка. Верхняя часть направляющей камеры снабжена скосом, благодаря чему головки входят в соприкосновение с лентой по касательной. От поперечного перемещения предохраняет упор в нижней части направляющей камеры, к которому край ленты прижимается усилием, возникающим при вращении диска с головками. Полюсные наконечники головок, выступающие за периферию диска на 0,1 *мм*, вдавливают ленту в канавку на камере.

Направляющая камера укреплена на поворотном кронштейне, снабженном регулировочными приспособлениями для точной установки ее в горизонтальном и вертикальном положениях относительно диска с головками. В горизонтальном направлении кронштейн с направляющей камерой фиксируется эксцентриком, который поворачивается сервоприводом (двигатель с редуктором), управляемым с пульта видеомагнитофона. В вертикальном направлении камера устанавливается регулировочным винтом, перемещающим кронштейн в небольших пределах вверх и вниз.

Если направляющая камера установлена неправильно в горизонтальном направлении относительно диска, то при воспроизведении на изображении появляются искажения, показанные на рис. 28,*а*. Этот вид искажений возникает из-за слишком близкого расположения направляющей камеры к диску головок. Расположение направляющей камеры при воспроизведении дальше, чем она была установлена при записи, сопровождается аналогичными искажениями с той лишь разницей, что наклон зубцов будет в другую сторону. Искажение изображения из-за установки направляющей камеры во время воспроизведения выше, чем при записи, показано на рис. 28,*б*. Если камера установлена ниже, то искажение будет аналогичным, но с выпуклостью в другую сторону. Эти виды искажений устраняются во время воспроизведения путем соответствующих регулировок.



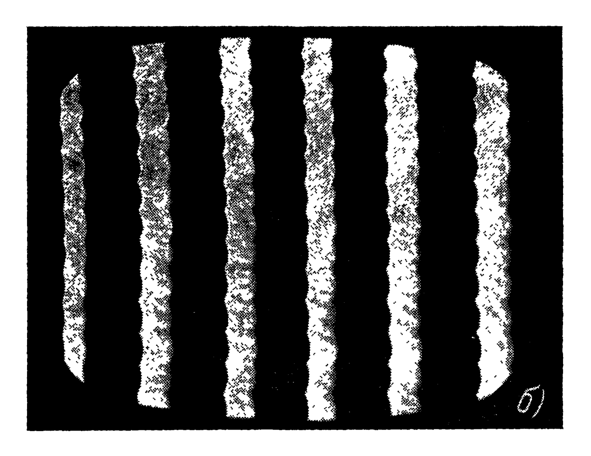
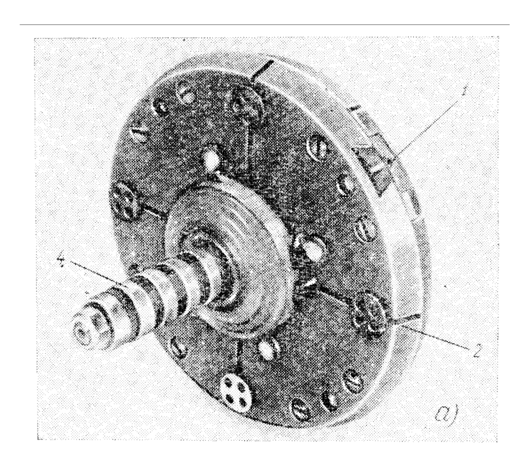


Рис. 28. Искажения изображения из-за неправильной установки направляющей камеры относительно диска головок.

а — направляющая камера при воспроизведении смещена в горизонтальном направлении слишком близко к диску головок по сравнению с записью; *б* — направляющая камера при воспроизведении поднята вверх.



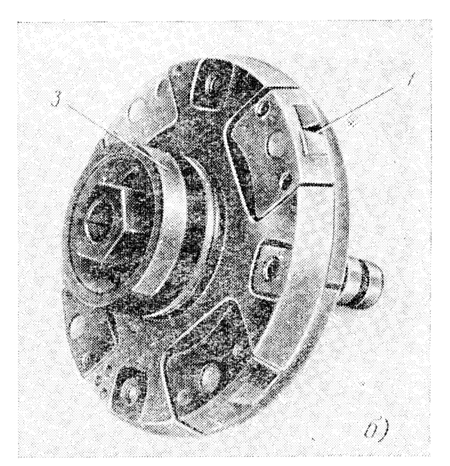


Рис. 29. Диск с головками.

а — вид со стороны колец токосъемника; *б* — вид со стороны обтюратора.
1 — магнитные головки; *2* — конусные регулировочные винты; *3* — обтюратор фотодатчика; *4* — кольца токосъемника.

На диске, изображенном на рис. 29, укреплены четыре головки с сердечниками, схематически изображенными на рис. 11,*в*. Для того чтобы запись, сделанная одним блоком головок, могла воспроизводиться другим, головки устанавливаются на диске с большой точностью. Полюсные наконечники головок должны вращаться строго в одной плоскости, с тем чтобы шаг записи был одинаковый.

Очень высокие требования предъявляются и к точности установки угловых расстояний между головками на диске. Достаточно ска-

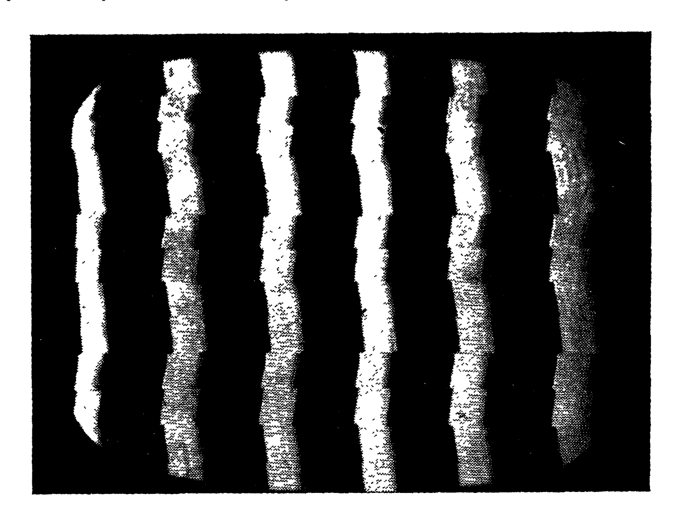


Рис. 30. Квадратурные искажения вызванные неточной установкой угловых расстояний между головками на диске.

зать, что длина дуги между рабочими щелями смежных головок должна выдерживаться с точностью не хуже 1 *мк*, или в угловых величинах не хуже 7,5″. Если это не соблюдается, то группы строк, воспроизводимые отдельными головками, сдвигаются друг относительно друга, как показано на рис. 30; такие искажения называют квадратурными.

В диске, изображенном на рис. 29, угловые расстояния между головками регулируются четырьмя конусными винтами, которые смещают несущие их сегменты.

Кроме механической регулировки возможна электрическая компенсация искажений с помощью электрических линий задержек, включаемых последовательно в каналы всех головок. Линии имеют регулируемое время задержки, которое в каждом канале устанавливается так, чтобы сдвиги между группами строк были минимальными.

К диску прикреплен обтюратор, одна половина которого зачернена, а другая покрыта отражающим слоем. Обтюратор вместе с простейшим оптическим устройством, состоящим из осветителя и

фотосопротивления, образуют фотодатчик, служащий для получения электрических импульсов, используемых в системе автоматического регулирования.

Видеоголовки соединены с усилителями записи и воспроизведения через контактное токосъемное устройство с пятью кольцами, четыре из которых соединены с обмотками головок, а пятое, общее для всех головок соединено с массой диска. К каждому кольцу прижаты две взаимно уравновешивающиеся щетки, благодаря чему не возникает бокового давления на вал двигателя и улучшается электрический контакт.

Трехфазный двигатель, делающий 15 000 *об/мин*, питается напряжением с частотой 500 *гц*. Окружная скорость магнитных головок при этом равна приблизительно 41 *м/сек*. Синхронные реактивные двигатели при высокой частоте питающего напряжения имеют малый начальный пусковой момент. Запуск их возможен лишь при значительном форсировании во время пуска, что создает практические неудобства. Поэтому для этих целей применяются синхронные гистерезисные электродвигатели. Максимальный синхронный момент и момент при впадании в синхронизм у этих двигателей не зависит от частоты электросети. Мощность на валу двигателя порядка 15 *вт*, из которых около 10—15% расходуется на вращение токосъемного устройства. Диаметр корпуса двигателя должен быть меньше ширины ленты. Из-за малых габаритов и связанного с этим форсированного режима в таких двигателях обычно происходит перегрев и они часто снабжаются принудительным воздушным охлаждением. Охлаждение двигателя совмещено с отсосом пыли, образующейся из-за трения головок о магнитный слой ленты.

Расположение и размеры магнитных дорожек на ленте шириной 50,8 *мм* показано на рис. 31. Магнитная дорожка с записью звукового сопровождения расположена в верхней части ленты. Эта часть ленты скользит по скосу камеры и не касается вращающихся головок, поэтому исключается возможность появления помех и ухудшения динамического диапазона записи звука при случайном намагничивании вращающихся магнитных видеоголовок.

Нижняя часть ленты занята узкой магнитной дорожкой для записи режиссерских отметок и дорожкой с записью контрольного сигнала канала управления. На этой дорожке записываются также короткие импульсы, следующие с частотой полукадров, необходимые для монтажа лент.

Средняя часть ленты занята поперечными магнитными дорожками с записью видеосигнала. Ширина магнитной дорожки равна 0,25, а шаг записи приблизительно 0,4 *мм*. На каждой магнитной дорожке размещается около 18 телевизионных строк, в то время как поворот головки на 90° соответствует 15,625 строки. Таким образом, при записи и воспроизведении между смежными магнитными дорожками существует перекрытие приблизительно в две телевизионные строки.

Программы, записанные на магнитной ленте, могут монтироваться путем резки и склейки. Монтаж лент с видеозаписью значительно сложнее монтажа кинофильмов и магнитофонных лент. Резка и склейка ленты не должны нарушать изображение при воспроизведении склеенного участка ленты, для чего необходимо выполнение нескольких условий, а именно: операция по склейке не должна нарушать полукадровый синхроимпульс, шаг записи и контрольный

сигнал. Лента режется между магнитными дорожками и параллельно им так, чтобы линия разреза проходила рядом с дорожкой, содержащей запись полукадрового импульса. Место, по которому

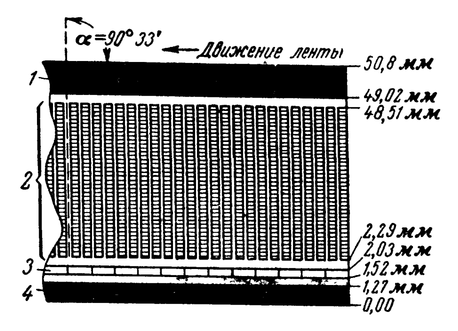


Рис. 31. Расположение магнитных дорожек на ленте.

1 — дорожка с записью звукового сопровождения; *2* — дорожка с поперечной строчной записью видеосигналов; *3* — дорожка с записью режиссерских пояснений; *4* — дорожка с записью контрольного сигнала.

должна разрезаться лента, отмечается упомянутыми монтажными импульсами. Для монтажа эти импульсы проявляются магнитной суспензией; их положение можно также обнаружить и точно установить устройством с вращающимися магнитными головками.

9. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТЫ И ВИДЕОГОЛОВОК

В видеомагнитофоне с поперечной строчной записью движение магнитной ленты и вращение магнитных головок в поперечном направлении должны быть строго согласованы как во время записи телевизионного сигнала, так и во время его воспроизведения. Так как в аппарате используются синхронные двигатели, то эти условия в процессе записи легко достигаются питанием двигателей кратными частотами. Ведущий двигатель питается напряжением с частотой 50, а двигатель блока головок — с частотой 500 *гц*. В процессе воспроизведения каждая из вращающихся магнитных головок должна проходить по вполне определенному участку ленты, а именно по тому, на котором ею была произведена запись. Для соблюдения этого условия в лентопротяжном механизме применяется система автоматического регулирования скорости движения ленты. Кроме этой первой системы регулирования в механизме видеомагнитофона может иметься и вторая система автоматического регулирования — скорости вращения двигателя блока магнитных головок. На рис. 32 приведена блок-схема общей системы регулирования.

Первая система регулирования работает только во время воспроизведения. Вторая же система работает все время как при записи, так и при воспроизведении программы. В том случае, если опор-

ным сигналом является полукадровый импульс с частотой около 50 *гц*, то этот импульс выделяется из полного телевизионного сигнала и подается на формирующее устройство. Если телевизионная передача синхронизирована с электросетью, то ее частота также может служить опорным сигналом.

Формирующее устройство вырабатывает импульсы определенной длительности, необходимые для работы блока умножителя частоты. Эти же импульсы используются для получения монтажных отметок

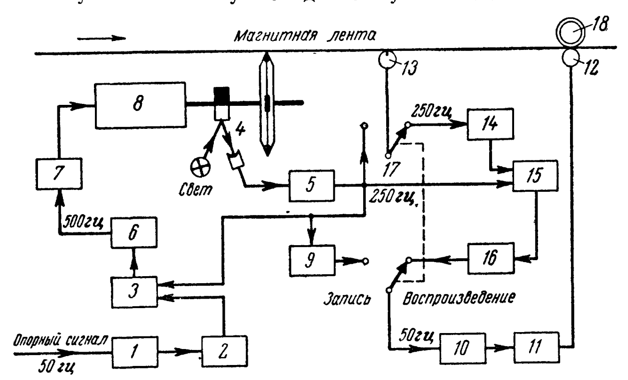


Рис. 32. Блок-схема автоматического регулирования движения ленты и скорости вращения видеоголовок.

1 — формирующее устройство; *2* — умножитель частоты на пять; *3* — фазовый дискриминатор двигателя блока головок; *4* — фотодатчик; *5* — формирующее устройство; *6* — генератор управляемой частоты 500 *гц*; *7* — усилитель мощности сигнала 500 *гц*; *8* — двигатель блока головок; *9* — делитель частоты на пять; *10* — усилитель мощности сигнала 50 *гц*; *11* — ведущий двигатель; *12* — валик ведущего двигателя; *13* — универсальная магнитная головка канала управления; *14* — усилитель-ограничитель контрольного сигнала; *15* — фазовый дискриминатор ведущего двигателя; *16* — генератор управляемой частоты 50 *гц*; *17* — переключатель рода работы; *18* — прижимной резиновый ролик.

на ленте. Умножитель частоты на пять состоит из усилительного каскада, в анодной цепи лампы которого включен контур, настроенный на пятую гармонику входного сигнала. Далее этот сигнал с частотой 250 *гц* формируется в прямоугольные импульсы и поступает на фазовый дискриминатор.

Другим управляющим сигналом дискриминатора является сигнал, поступающий с фотодатчика через формирующее устройство. Частота этого сигнала равна числу оборотов двигателя блока вращающихся головок. Фазовый дискриминатор создает напряжение сигнала временно́й ошибки, которое через генератор управляемой частоты и усилитель мощности воздействует на скорость вращения двигателя блока головок. Сигнал, снимаемый с фотодатчика, подается также на делитель частоты на пять. С делителя сигнал с частотой 50 *гц* поступает на усилитель мощности, который питает ведущий двигатель лентопротяжного механизма.

Таким образом, в режиме записи ведущий двигатель питается напряжением с частотой, пропорциональной числу оборотов двигателя

блока головок, и оба двигателя работают синхронно. Во время записи на продольной магнитной дорожке записывается сигнал с фотодатчика. Этот сигнал, записанный на магнитной ленте, отражает скорость в системе «лента — головка» в процессе записи.

Во время воспроизведения обязательно работает первая система — регулирования движения магнитной ленты. Опорным сигналом системы регулирования служит сигнал с частотой 250 *гц*, снимаемый с фотодатчика. Контрольный сигнал воспроизводится с ленты, усиливается, ограничивается и поступает на фазовый дискриминатор, на

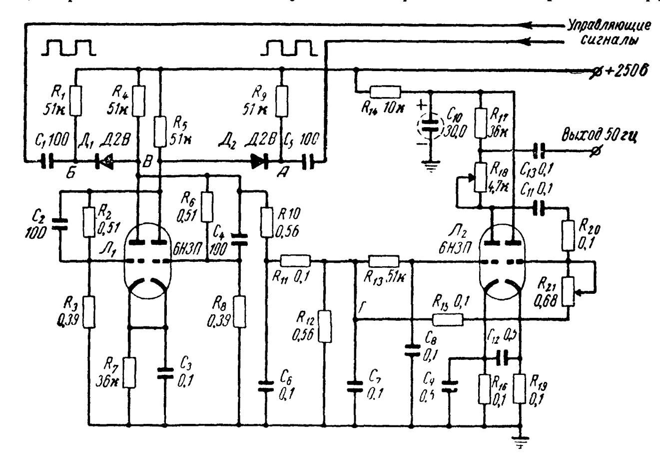


Рис. 33. Схема фазового дискриминатора и генератора управляемой частоты.

выходе которого выделяется сигнал временно́й ошибки. Последний воздействует на генератор управляемой частоты, что вызывает изменение скорости вращения ведущего двигателя.

Воздействие сигнала ошибки на изменение движения ленты продолжается до тех пор, пока частота контрольного сигнала не будет равна частоте опорного сигнала, снимаемого с фотодатчика, т. е. частоте вращения двигателя блока головок. В этом случае движение ленты и головок будет таким, каким оно было при записи.

Фазовый дискриминатор и генератор управляемой частоты, принципиальная схема которых приведена на рис. 33, являются основными структурными элементами системы. Фазовый дискриминатор представляет собой триггерную схему с двумя устойчивыми состояниями, нагруженную на интегрирующие звенья в виде фильтра нижних частот. Генератор управляемой частоты является разновидностью генератора *RC*.

Управляющие сигналы поступают на дискриминатор в виде прямоугольных импульсов, которые дифференцируются цепочками R_1C_1 и R_9C_5. Дифференцированные отрицательные импульсы поочередно перебрасывают триггер из одного устойчивого состояния в другое. Временные диаграммы, поясняющие работу фазового дискриминато-

ра, приведены на рис. 34. Триггер запускается одной последовательностью отрицательных импульсов *А*, а перебрасывается другой — *Б*. На анодах ламп триггера образуется последовательность импульсов *В* с длительностью, пропорциональной текущей разности фаз между двумя соответствующими пусковыми импульсами.

Если между двумя управляющими сигналами, запускающими триггер, есть даже малая разность частот, то разность фаз между управляющими сигналами возрастает и увеличивается длительность положительных импульсов на одном из анодов лампы триггера. Увеличение длительности импульсов происходит постепенно до тех пор,

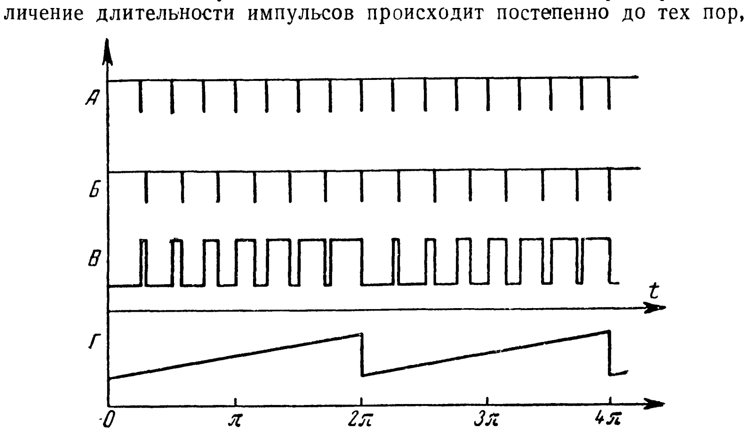


Рис. 34. Временные диаграммы фазового дискриминатора.

когда снова совпадут два отрицатеьных импульса последовательностей *А* и *Б*. После этого происходит скачкообразное изменение длительности импульсов от максимальной величины до нуля и процесс возобновляется.

Прямоугольные импульсы с анода лампы триггера интегрируются двузвенным RC-фильтром, и на конденсаторе C_7 выделяется сигнал временно́й ошибки *Г*. Так как сигнал временно́й ошибки пропорционален постоянной составляющей импульсов триггера, то статическая характеристика дискриминатора будет иметь пилообразный вид. При изменении знака расстройки между частотами управляющих сигналов наклон пилообразного сигнала ошибки меняется на противоположный. Статическая характеристика дискриминатора остается линейной на протяжении всего периода изменения фаз управляющих сигналов от нуля до 2π. Поэтому этот дискриминатор имеет в 2 раза бо́льшую протяженность рабочего участка характеристики, чем дискриминатор, описанный в гл. 2. Выбор нужного знака крутизны характеристики решается путем изменения порядка запуска и сброса триггера входными управляющими сигналами. Рабочая точка выбирается в середине участка характеристики, что соответствует разности фаз π; при этом длительность импульсов на аноде лампы триггера равна половине периода частоты управляющих сигналов.

Сигнал временной ошибки с выхода дискриминатора поступает на вход генератора управляемой частоты, выполненного на двойном триоде $Л_2$. В цепи обратной связи усилителя (левый триод) включена частотно-избирательная цепь (C_9R_{16} и $C_{12}R_{19}$). Управляющий сигнал ошибки, поступающий на сетки обоих триодов лампы $Л_2$, изменяет их внутренние сопротивления, что вызывает изменение частоты генератора. Сопротивления R_{18} и R_{21} служат для установки средней частоты генератора; она устанавливается в рабочей точке, когда напряжение сигнала временной ошибки соответствует разности фаз π. Выходной сигнал управляемого генератора имеет форму, близкую к прямоугольной. Поэтому сигнал, снимаемый с анода, поступает на избирательный усилитель, где выделяется первая гармоника, и только после этого подается на усилитель мощности.

В системе автоматического регулирования скорости вращения блока головок структурные элементы выполнены по аналогичной схеме с той лишь разницей, что средняя частота управляемого генератора устанавливается 500 *гц*. Перестройка генератора производится путем изменения емкостей конденсаторов C_9 и C_{12}. Эта система регулирования поддерживает неизменным фазовый угол между вращающимся полем статора двигателя и положением его ротора, что необходимо для того, чтобы кадровые импульсы по отношению к монтажным меткам на ленте занимали всегда определенное положение.

Если задача монтажа программ не ставится, то отпадает необходимость во второй системе регулирования. В этом случае кратная синхронность вращения ведущего двигателя и двигателя блока головок осуществляется гораздо проще. Частота 50 *гц*, умноженная на 5, повышается еще в 2 раза, и сигналом 500 *гц* осуществляется питание двигателя блока головок через усилитель мощности.

Усилители мощности служат для питания двигателя блока магнитных головок и ведущего двигателя механизма напряжениями с частотами 500 и 50 *гц*. Оба усилителя однотипны и состоят из предварительного усилителя и двух раздельных каскадов усиления мощности. Помимо усиления входного сигнала предварительный усилитель расщепляет его на два напряжения, сдвинутых относительно друг друга по фазе на $\pm 45°$. Эти напряжения поступают на двухтактные усилители, выполненные каждый на двух лампах типа ГУ-50. Поэтому на выходе блока усилителя мощности (на вторичных обмотках трансформатора) получаются напряжения, сдвинутые друг относительно друга на 90°. Это позволяет питать двухфазный ведущий двигатель лентопротяжного механизма без обычного дополнительного фазосдвигающего звена. Вторичные обмотки выходных трансформаторов имеют отводы обмоток, включенных по схеме, обеспечивающей питание трехфазного электродвигателя блока головок. Выходная мощность каждого двухтактного каскада усилителя порядка 60 *ва*.

Необходимая точность работы системы регулирования скорости движения ленты задается допустимым сдвигом магнитных дорожек относительно головок, который имеет место в лентопротяжном механизме в процессе воспроизведения. Величина этого сдвига объясняется изменениями абсолютной временной ошибки в лентопротяжном механизме. Смещение головки со своей дорожки приводит к уменьшению отдачи головки и вызывает паразитную амплитудную модуляцию воспроизводимого сигнала. При большом

размахе колебаний временнóй ошибки головки могут даже сместиться со своих дорожек на соседние и нарушить последовательность воспроизведения участков телевизионного сигнала.

Величина допустимого смещения головки определяется изменениями амплитуды воспроизводимого сигнала. Если считать допустимым уменьшение амплитуды сигнала в 2 *дб*, то это равносильно смещению головки на 0,2 ширины дорожки. При ширине дорожки 0,25 *мм* и скорости движения ленты 39,7 *см/сек* допустимая величина абсолютной временнóй ошибки

$$\Delta t = \frac{0{,}2 \cdot 0{,}25 \cdot 10^6}{397} = 126 \text{ мксек.}$$

В лентопротяжном механизме видеомагнитофона «Кадр» величина временнóй нестабильности без регулирования, вызванная нестабильностью средней скорости и изменением длины магнитной ленты, на порядок лучше, чем в механизме аппарата типа МЭЗ-15 (рис. 20). Это объясняется применением в видеомагнитофоне широкой ленты 50,8 *мм*, удлинение которой в процессе движения значительно меньше, чем у обычной узкой магнитофонной ленты. Поэтому работа системы автоматического регулирования движения ленты значительно облегчается. При этом увеличивается влияние даже весьма небольших изменений параметров системы регулирования, вызванных нестабильностью ее электронной схемы. Наиболее заметные ошибки возникают из-за нестабильности частоты управляемого генератора. Так, например, изменение напряжения питающей электросети на 10% влечет за собой изменение частоты управляемого генератора на 0,04%.

В видеомагнитофоне «Кадр» такие изменения частоты управляемого генератора вызывают колебания временнóй ошибки в пределах 25 *мксек*. Суммарные колебания абсолютной временнóй ошибки в аппарате составляют 80—100 *мксек*, что даже несколько меньше допустимой. Изменения абсолютной временнóй ошибки в основном вызваны низкочастотной детонацией механизма видеомагнитофона. Характер сигнала временнóй ошибки примерно такой же, что в механизме магнитофона МЭЗ-15 с системой автоматического регулирования, осциллограмма которого была приведена на рис. 22.

Для уменьшения составляющих временнóй ошибки, вызванных нестабильностью питающей электросети, анодное напряжение в аппарате стабилизировано. Поэтому уход частоты управляемого генератора и нестабильность в других элементах электронной схемы вызывается главным образом колебаниями напряжения питания накала ламп.

10. КАНАЛ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Видеоканал, блок-схема которого приведена на рис. 35, состоит из двух частей: канала записи и канала воспроизведения. Универсальные магнитные видеоголовки переключаются контактами реле в зависимости от рода работы аппарата с выхода канала записи на вход канала воспроизведения. В канале записи входной видеосигнал преобразуется в модуляторе в частотномодулированные колебания. После предварительного усиления сигнал поступает на четыре выходных усилителя, которые во время записи нагружаются на обмотки головок.

В режиме воспроизведения головки присоединяются каждая к своему предварительному усилителю воспроизведения. Оконечные усилители записи и предварительные услители воспроизведения конструктивно выполнены в одном блоке, который располагается в непосредственной близости от блока головок для уменьшения емкости монтажа.

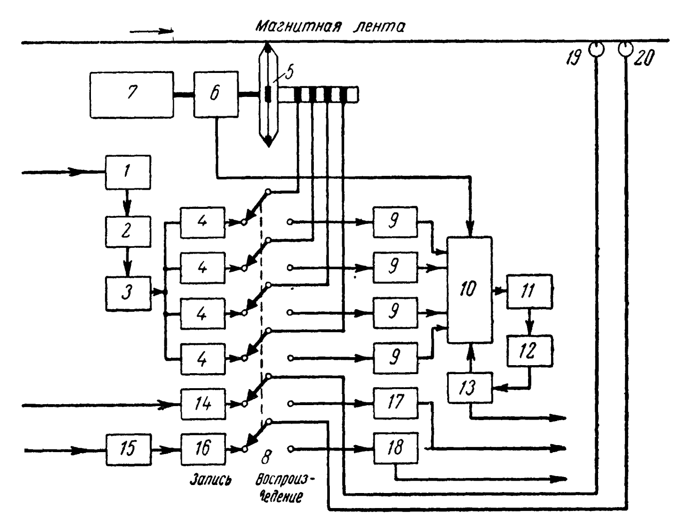


Рис. 35. Блок-схема каналов записи и воспроизведения.

1 — усилитель видеосигналов; *2* — частотный модулятор; *3* — предварительный усилитель записи; *4* — оконечные усилители записи; *5* — диск с видеоголовками и токосъемником; *6* — фотодатчик; *7* — двигатель блока головок; *8* — переключатель записи и воспроизведения; *9* — предварительные усилители воспроизведения; *10* — электронный переключатель; *11* — ограничитель; *12* — демодулятор; *13* — формирующий усилитель; *14* — усилитель записи звукового канала; *15* — микрофонный усилитель канала режиссерских пояснений; *16* — усилитель записи режиссерского канала; *17* — усилитель воспроизведения звукового канала; *18* — усилитель воспроизведения режиссерского канала; *19* и *20* — универсальные магнитные головки звукового и режиссерского каналов.

Сигналы с предварительных усилителей воспроизведения поступают на электронный переключатель, который со строго определенной последовательностью поочередно включает их на общий выход. Далее сигнал ограничивается и детектируется в частотном демодуляторе, после чего видеосигнал вновь приобретает первоначальную форму.

Однако из-за особенностей частотной модуляции, использованной в видеоканале, синхронизирующие импульсы значительно искажаются от наложения на них внутренних шумов усилителя. Для восстановления формы синхронизирующих импульсов служит последний блок, так называемый формирующий усилитель.

Частотный модулятор-демодулятор является одним из своеобразных электронных устройств видеомагнитофона.

Необходимость именно частотной модуляции для записи видеосигналов пояснена ранее в гл. 1. Известно, что частотномодулированные колебания занимают широкую полосу частот, а несущая частота должна быть в несколько раз больше верхней модулирующей частоты. Если воспользоваться этими обычными соотношениями при частотной модуляции, принятыми в радиосвязи, понадобилась бы полоса частот до 40—50 *Мгц*.

Очевидно, что такое решение совершенно непригодно для целей магнитной записи.

Способ модуляции, использованный в видеомагнитофоне, отличается тем, что в нем параметры частотной модуляции выбраны так, чтобы как можно меньше расширить полосу записываемых частот. Это достигнуто использованием относительно низкой несущей частоты, отличающейся от верхней модулирующей частоты всего лишь в 1,25 раза, и подавлением верхней боковой полосы спектра частотномодулированных колебаний. Известно, что при малом индексе модуляции (отношение девиации частоты к модулирующей частоте) сигнал передается практически одной парой боковых частот. Сходство частотной модуляции в таком режиме с амплитудной модуляцией дает возможность использовать ее с одной боковой полосой аналогично тому, как это применяют при амплитудной модуляции. Таким образом, необходимым условием для передачи сигнала с подавлением верхней боковой полосы является относительно небольшая девиация частоты, при которой индекс модуляции не превышает 0,3. В результате подавления одной боковой полосы частотномодулированные колебания приобретают дополнительную амплитудную модуляцию. После амплитудного ограничителя они принимают первоначальный вид с той лишь разницей, что индекс модуляции уменьшается и высокие частоты после демодулятора будут ослаблены; искажения подобного рода легко корректируются подъемом частотной характеристики на входе модулятора.

Минимальное значение модулированной частоты должно быть таким, при котором диапазон, занимаемый девиацией, находится на некотором расстоянии от верхней граничной частоты видеосигнала. Надежное разделение этих частотных диапазонов достигается фильтром в демодуляторе с соответствующей частотой среза. Если мгновенная частота модулированного сигнала проникнет в диапазон видеочастот, то изображение покрывается как бы мелкой сеткой (муар), сильно ухудшающей его четкость.

Для системы частотной модуляции в современных видеомагнитофонах с полосой пропускания по видеоканалу до 4,2 *Мгц* (вместо требуемых 6 *Мгц*) приняты следующие параметры частотной модуляции: частота, соответствующая уровню белого в видеосигнале, 6,8 *Мгц*; частота, соответствующая вершинам синхроимпульсов, 4,28 *Мгц*. В процессе модуляции сохраняется постоянная составляющая видеосигнала, для чего сигнал фиксируется по уровню гасящих импульсов так, что этому уровню черного соответствует частота 5 *Мгц*.

Расширение полосы частот видеосигнала требует увеличения полосы пропускания системы «лента — головка». В частности, для полосы видеосигнала до 6 *Мгц* рекомендуется частоту, соответствующую уровню белого, выбирать равной 7,7 *Мгц*. Частоты, соответствующие вершинам синхроимпульсов и уровню гасящих импульсов, при этом равны 5,7 и 6,3 *Мгц*.

В видеомагнитофонах используются две схемы получения частотномодулированных сигналов, а именно: 1) генераторы, частота которых непосредственно модулируется видеосигналом; 2) модуляторы с переносом частоты, в которых генератор с частотой около 50 *Мгц* модулируется видеосигналом и полученные частотномодулированные колебания преобразуются в желаемую полосу частот.

Схема частотного модулятора первого типа, которая применена в видеомагнитофоне «Кадр», показана на рис. 36.

На вход частотного модулятора подается видеосигнал с размахом порядка 18—20 *в*. Поэтому он предварительно усиливается широкополосным четырехкаскадным усилителем. Частотная характеристика усилителя имеет подъем в области высоких частот. Это необходимо для коррекции искажений на высоких частотах, возникающих при подавлении одной боковой полосы и ухудшении линейности динамической характеристики модулятора на этих частотах.

Для передачи по видеоканалу постоянной составляющей видеосигнала он фиксируется на входе катодного повторителя (лампа $Л_2$) на уровне гасящих импульсов. Для этой цели применяется управляемая фиксирующая схема на двойном диоде $Л_1$, представляющая собой сбалансированный мост. Плечи этого моста образуются из двух диодов и сопротивлений R_1 и R_2. На одну из диагоналей моста поступают разнополярные фиксирующие импульсы, сформированные из строчных синхроимпульсов. Вторая диагональ включена между сеточной цепью лампы $Л_2$ катодного повторителя и постоянным напряжением смещения, снимаемого с сопротивления R_5.

В промежутках между фиксирующими импульсами оба диода заперты потенциалами, образующимися на конденсаторах C_2 и C_3, заряжаемых во время прохождения этих импульсов. В сеточной цепи лампы катодного повторителя в это время устанавливается строго постоянный потенциал, равный напряжению смещения, снимаемого с сопротивления R_5. Если вершины гасящих импульсов создают в сеточной цепи больший потенциал, то открывается левый (по схеме) диод и конденсатор C_1 разряжается до тех пор, пока не восстановится первоначально установленный потенциал. Уменьшение потенциала в этой цепи приводит к тому, что открывается правый диод. Ток, протекающий через него, подзаряжает конденсатор C_1, пока потенциал вновь не достигнет заданной величины.

Напряжение, снимаемое с сопротивления R_9, является переменным положительным смещением для сеток ламп $Л_3$ и $Л_4$ симметричного мультивибратора, и потому его частота меняется в такт с амплитудой видеосигнала. Частота, соответствующая уровню черного (гасящим импульсам), может перестраиваться изменением потенциала фиксации (сопротивление R_5). Так как полярность видеосигнала положительная, то уровню вершин синхроимпульсов соответствует наименьшая, а уровню белого — наибольшая частоты мультивибратора. Частотномодулированные колебания снимаются со вторичной обмотки симметричного трансформатора, первичная обмотка которого включена между анодными нагрузками R_{12} и R_{16} ламп мультивибратора. Такое включение ослабляет прямое прохождение видеосигнала с входа модулятора на его выход. Выходное напряжение модулятора имеет заметную амплитудную модуляцию, которая ослабляется следующим за модулятором амплитудным ограничителем.

Импульсы для фиксирующей схемы формируются в устройстве, схема которого приведена на рис. 37. Входной видеосигнал усили-

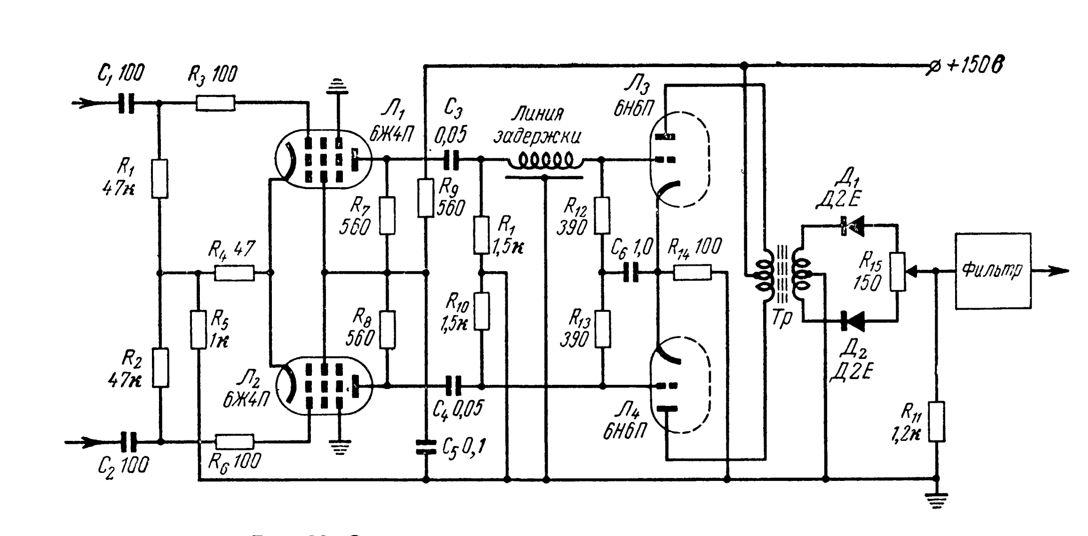


Рис. 38. Схема двухканального частотного демодулятора.

вается узкополосным видеоусилителем (лампа $Л_1$). В следующем каскаде — триодном селекторе (лампа $Л_2$) из него выделяются синхронизирующие импульсы. В анодной цепи лампы этого каскада импульсы дифференцируются и отрицательный импульс, соответствующий переднему фронту, обрезается полупроводниковым диодом $Д_1$. Положительный импульс от заднего фронта усиливается следующим каскадом (вторая половина лампы $Л_2$) и ограничивается диодами $Д_2$ и $Д_3$. Далее импульсы поступают на фазоинвертор (лампа $Л_3$), с выхода которого разнополярные импульсы подаются на фиксирующую схему.

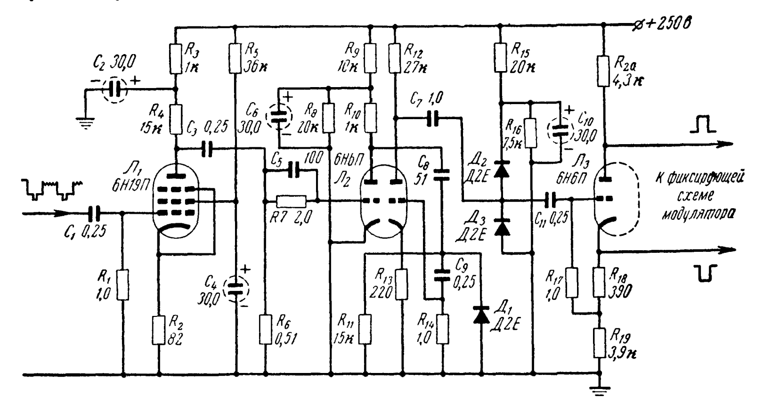


Рис. 37. Схема формирования импульсов для фиксирующей схемы.

Широкая полоса видеочастот и относительно низкая несущая частота создают трудности с демодуляцией частотномодулированных сигналов. Простейшие дискриминаторы, используемые в радиоприемных устройствах, для этих целей непригодны: в них невозможно получить в широкой полосе линейные частотные и фазовые характеристики. Поэтому в видеомагнитофонах используется более сложный двухканальный демодулятор. В таком демодуляторе в результате смешения прямого сигнала и сигнала, прошедшего через линию задержки, происходит преобразование частотномодулированных колебаний в амплитудномодулированные сигналы. Время задержки выбирается так, чтобы на несущей частоте сдвиг фазы сигнала, прошедшего линию, равнялся 90°. Для несущей частоты 5 *Мгц* задержка составляет 0,05 *мксек*.

На рис. 38 показана схема двухканального демодулятора, а на рис. 39 приведены диаграммы, поясняющие его работу. На диаграмме показано выходное напряжение, получаемое в результате суммирования напряжений обоих каналов на нагрузке ламп $Л_3$ и $Л_4$ для частот 5 и 6 *Мгц*. Далее следует двухполупериодный выпрямитель с диодами $Д_1$ и $Д_2$, на выходе которого с помощью балансировочного сопротивления R_{15} частично подавляется несущая частота частотномодулированных колебаний. Непосредственно после выпрямителя ставится фильтр нижних частот, частота среза которого соответствует верхней границе воспроизводимого видеосигнала.

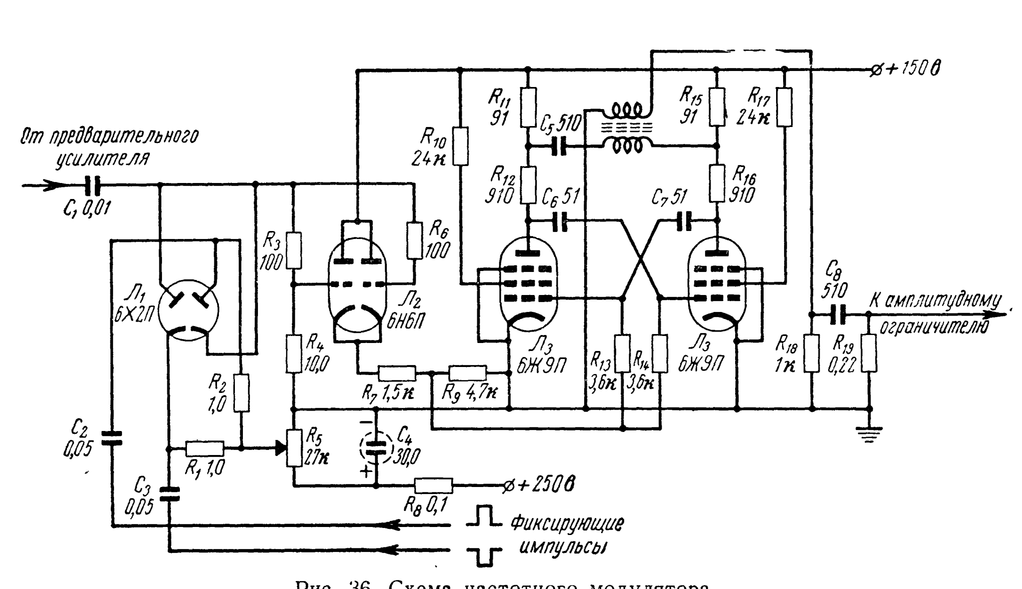


Рис. 36. Схема частотного модулятора.

Частотномодулированные колебания, воспроизводимые с ленты, по причинам, изложенным выше, несут значительную по глубине паразитную амплитудную модуляцию. Для уничтожения ее между выходом электронного переключателя и входом демодулятора включен ограничитель с глубиной ограничения порядка 50—60 *дб*. Он содер-

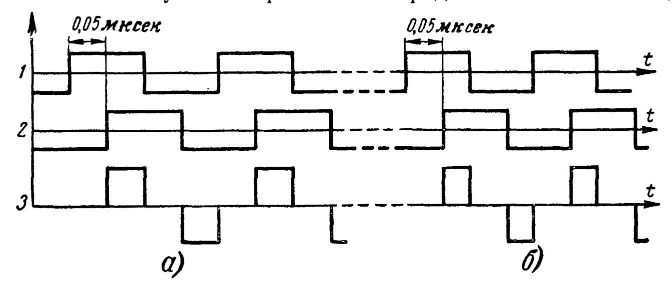


Рис. 39. Диаграмма напряжений двухканального демодулятора.

а — частота 5 *Мгц*; *б* — частота 6 *Мгц*.
1 — прямой канал; *2* — задержанный канал; *3* — суммарное напряжение.

жит шесть каскадов, выполненных по двухтактной схеме. Схема каскада усилителя-ограничителя, показанная на рис. 38, выполнена на лампах $Л_1$ и $Л_2$.

Блок-схема частотного модулятора-демодулятора второго типа приведена на рис. 40. Видеосигнал модулирует частоту генератора

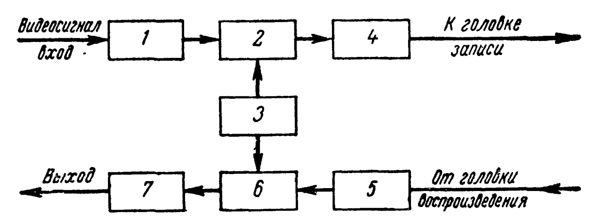


Рис. 40. Блок-схема частотного модулятора-демодулятора с переносом частот.

1 — генератор 50 *Мгц*, частота которого модулируется видеосигналом; *2* — смеситель; *3* — генератор 45 *Мгц*; *4* — усилитель записи; *5* — усилитель воспроизведения; *6* — смеситель; *7* — амплитудный ограничитель.

50 *Мгц*. Понижение несущей частоты, необходимое для записи, осуществляется смешением полученного частотномодулированного сигнала с частотой генератора 45 *Мгц*. Из полученного в результате биений сигнала выделяется разностная несущая частота 5 *Мгц*, модулированная видеосигналом, которая поступает на усилитель записи.

Частотный модулятор с переносом частот сложнее, чем модулятор с мультивибратором, но его преимущества искупают усложне-

ние схемы: он обладает линейными модуляционной и частотной характеристиками, стабилен, в нем практически отсутствует видеосигнал прямого прохождения в выходном частотномодулированном сигнале. В демодуляторе используется преобразование частот. Воспроизводимый с ленты сигнал усиливается и поступает в смеситель, а в нем частотномодулированные колебания снова переносятся в область высоких частот. Основное достоинство демодулятора с переносом частот состоит в меньшей вероятности образования мешающих комбинационных частот в выходном видеосигнале. Для демодуляции сигнала при воспроизведении может применяться также двухканальный демодулятор, описанный выше.

Электронный переключатель, блок-схема которого приведена на рис. 41,*а*, выполняет две функции. Во-первых, он последовательно присоединяет к общему выходу сигналы от четырех магнитных головок. Этим самым исключаются помехи во время перекрытия записей двумя смежными головками, а также уменьшаются шумы и наводки, возникающие в головках, не находящихся в механическом контакте с лентой. Во-вторых, он синхронизирует момент переключения головок со строчным гасящим импульсом. Поэтому переходные процессы, которыми сопровождаются переключения, незаметны на воспроизводимом изображении. Эту функцию выполняет синхронизатор, входящий в состав электронного переключателя.

Сигналы с выходов предварительных усилителей воспроизведения поступают на четыре ключевых каскада. Усилители перед каждым ключевым каскадом имеют регуляторы амплитуды сигнала с коррекцией частотной характеристики в области высоких частот. Схема ключевого каскада приведена на рис. 42. Все четыре каскада включены на общую анодную нагрузку, сигнал с которой после небольшого усиления поступает на амплитудный ограничитель.

К каждому ключевому каскаду приложены три различных сигнала. На управляющие сетки ламп каскадов подаются одновременно с видеосигналом ключевые импульсы с частотой следования 250 *гц*. Форма этого сложного сигнала для каскадов 1, 2, 3 и 4 обозначена на диаграмме (рис. 41,*б*) соответственно буквами *А, Г, В* и *Е*. К антидинатронным сеткам приложены ключевые импульсы с частотой следования 500 *гц*. Ключевые импульсы 250 *гц* формируются из сигнала, снимаемого с фотодатчика. Из этого сигнала фильтром нижних частот выделяется синусоидальное напряжение с частотой 250 *гц*, которое через фазорегулятор поступает на схему формирования ключевых импульсов; они формируются в двух ограничителях, на один из которых напряжение подается со сдвигом на 90°. Поэтому на выходах фазоинверторов, включенных за ограничителями, образуются четыре ключевых импульса 250 *гц*, сдвинутых друг относительно друга на 90° (*А, Г, В, Е*); на диаграмме они показаны с наложенными на них видеосигналами.

В схеме переключателя формируются также ключевые импульсы удвоенной частоты 500 *гц*. Для этого сигнал после фазорегулятора поступает на удвоитель частоты. После ограничения прямоугольные импульсы сдвигаются фазоинвертором на 180° (*Б* и *Д* на рис. 41,*б*). Между ограничителем и фазоинвертором включен синхронизатор, назначение и схема которого будут рассмотрены отдельно.

Видеосигнал от головок проходит через ключевой каскад только в том случае, если на управляющей и антидинатронной сетках его

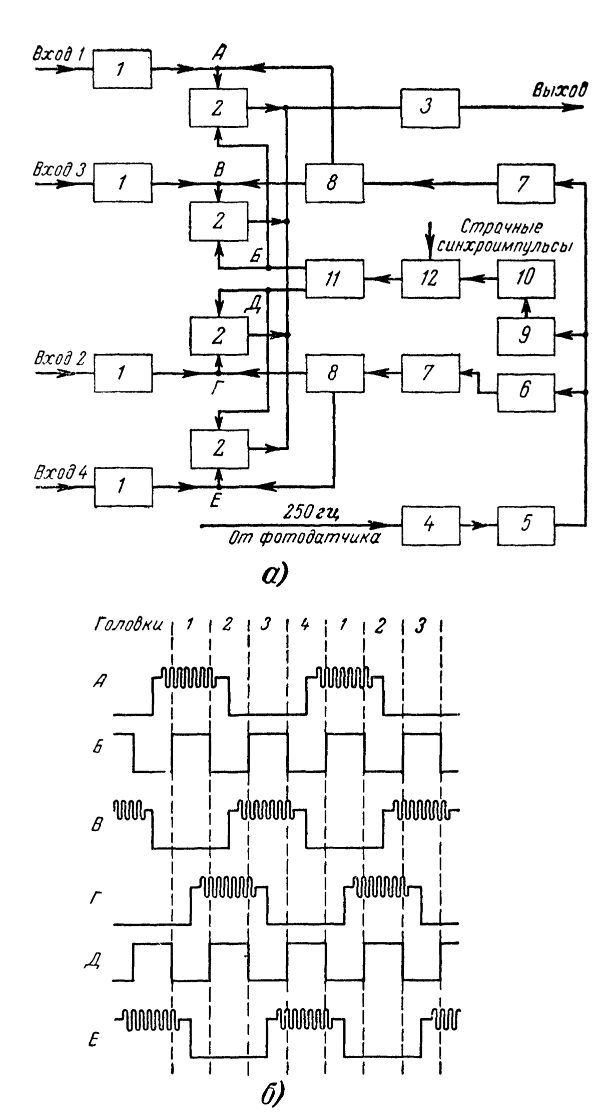


Рис. 41. Электронный переключатель.

а — блок-схема электронного переключателя; *б* — форма сигналов в различных точках схемы.

1 — предварительные усилители ключевых каскадов; *2* — ключевые каскады; *3* — общий выходной усилитель; *4* — фильтр нижних частот; *5* — фазорегулятор; *6* — фазосдвигающая цепь на 90°; *7* — ограничители (250 *гц*); *8* — фазоинверторы (250 *гц*); *9* — удвоитель частоты; *10* — ограничитель (500 *гц*); *11* — фазоинвертор (500 *гц*); *12* — синхронизатор.

лампы появляются одновременно оба положительных ключевых импульса. Так как длительность положительной части ключевых импульсов, следующих с частотой 500 *гц*, равна времени поворота диска с головками на четверть оборота, то через каждый ключевой каскад сигнал проходит точно в течение времени, равного повороту головки на 90°.

Для того чтобы не возникало перерывов в сигнале, ключевые каскады должны переключаться в какой-то момент времени, когда сигналы воспроизводятся одновременно двумя следующими друг за другом головками. С этой целью, как указывалось выше, сигнал за-

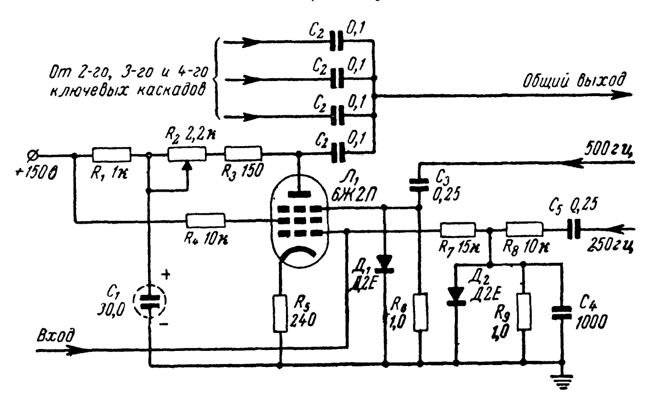


Рис. 42. Схема ключевого каскада первого канала.

писывается на смежных дорожках с перекрытием приблизительно в две телевизионные строки. Нужный момент переключения устанавливается фазорегулятором, сдвигающим фазу сигнала, из которого формируются ключевые импульсы, а следовательно, и фазу самих импульсов.

Диск с головками поворачивается на четверть оборота за 1 000 *мксек*, а так как длительность телевизионной строки равна 64 *мксек*, то за время открытия ключевого каскада электронного переключателя воспроизводится 15,625 телевизионной строки.

Процесс переключения видеоголовок будет наблюдаться на изображении в виде мелькающих коротких белых полосок, что ухудшает качество изображения и неприятно действует на зрителя. Этого можно избежать, если ключевые каскады открывать на время, соответствующее целому числу телевизионных строк, а момент переключения совместить со строчным гасящим импульсом. Обе эти функции выполняет синхронизатор, блок-схема которого и диаграмма, поясняющая его работу, приведены на рис. 43.

На один из входов синхронизатора поступают импульсы с частотой следования 500 *гц*, которые формируются в схеме электронного переключателя. После усилителя-ограничителя (сигнал *Г*) они подаются на фазоинвертор. На второй вход синхронизатора поступают строчные синхроимпульсы с выхода видеомагнитофона (сигнал *А*). Прежде всего они дифференцируются, затем отрицательные

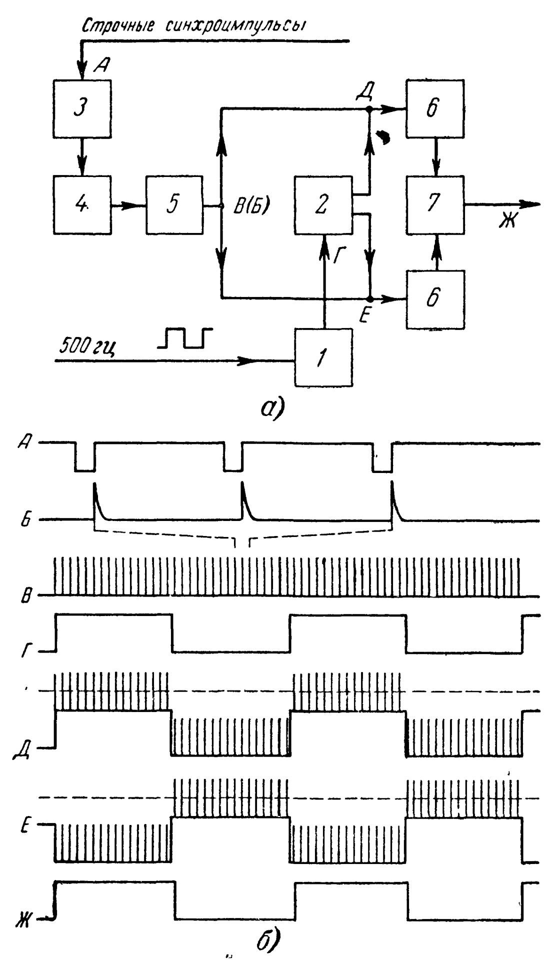


Рис. 43. Синхронизатор электронного переключателя.

а — блок-схема синхронизатора; *б* — форма сигналов в различных точках схемы.

1 — усилитель-ограничитель; *2* — фазоинвертор; *3* — блок дифференцирования синхроимпульсов и усиления; *4* — мультивибратор с управляемой длительностью; *5* — спусковое устройство; *6* — ограничители; *7* — триггер.

импульсы срезаются, а положительные усиливаются. На выходе образуется последовательность положительных очень узких импульсов, соответствующих заднему фронту строчных импульсов и служащих для синхронизации мультивибратора. Длительность импульсов, генерируемых мультивибратором, может регулироваться в некоторых пределах, чем и достигается регулировка момента переключения.

Эти сигналы формируются спусковым устройством в короткие положительные импульсы *Б* (или в другом масштабе *В*), которые накладываются на импульсы, снимаемые с выходов фазоинвертора (*Д* и *Е*), и подаются на ограничители. Уровень ограничения отмечен на диаграмме штриховой линией. На обоих выходах ограничителей сигналы имеют вид пакетов с частотой следования 500 *гц*, сдвинутых во времени на половину периода частоты следования и заполненных положительными импульсами с частотой строк. В каждом пакете размещается 15 или 16 импульсов.

С выхода каждого ограничителя эти сигналы поступают соответственно на одну и другую сетки лампы триггера с двумя устойчивыми состояниями. Первый импульс пакета, поступающий на сетку, перебрасывает триггер и делает его нечувствительным к остальным импульсам этого пакета. Возврат триггера в прежнее устойчивое состояние производится первым же импульсом другого пакета, который поступает на вторую сетку его лампы с другого ограничителя. Поэтому выходной сигнал триггера *Ж* представляет собой импульсы с частотой следования 500 *гц*, длительность положительной части которых всегда кратна целому числу телевизионных строк (15 или 16). Передний и задний фронты этих импульсов всегда совпадают с гасящим строчным импульсом и в некоторых пределах (для получения оптимальных условий) могут перемещаться путем изменения длительности импульса мультивибратора. Эти импульсные сигналы используются в схеме переключателя в качестве ключевых импульсов.

Формирующий усилитель не связан непосредственно с процессами записи или воспроизведения. Если видеомагнитофон не используется для передачи по радио, а предназначается только для воспроизведения на контрольные телевизоры, то в этом устройстве нет острой необходимости. При телевизионных передачах к видеосигналу предъявляются очень жесткие требования, особенно в отношении формы и уровней синхронизирующих импульсов. Вместе с тем именно синхронизирующие импульсы в процессе записи и воспроизведения подвергаются наибольшим искажениям. Синхроимпульсы зашумливаются неотфильтрованными компонентами несущей частоты, резкими всплесками от работы электронного переключателя, а также шумами от дефектов на ленте или внешними помехами.

Основное назначение формирующего усилителя состоит в очищении синхроимпульсов от шумов. Кроме того, в нем осуществляется коррекция амплитудной характеристики видеоканала, так называемая гамма-коррекция, для исправления контрастности изображения.

В первых каскадах формирующего усилителя из полного видеосигнала выделяются синхронизирующие и гасящие импульсы. Последние формируются заново и вновь вводятся в видеосигнал. Синхронизирующие же импульсы не формируются заново, а выделенные из общей смеси они усиливаются и ограничиваются, благодаря чему снимаются шумы и улучшается их форма. В таком виде они наса-

живаются на гасящие импульсы, в результате чего на выходе формирующего усилителя полный видеосигнал приобретает форму, необходимую для передач по телевизионным каналам.

Каналы звукового сопровождения и режиссерских пояснений имеют раздельные усилители записи и воспроизведения (рис. 35). В обоих каналах используются универсальные магнитные головки, которые в зависимости от режима работы аппарата присоединяются к усилителям записи или воспроизведения. Головки обоих каналов смонтированы на общей стойке; в верхней части помещена головка звукового канала, а в нижней — головка канала режиссерских пояснений.

После записи видеосигнала поперечные дорожки занимают практически всю ширину ленты, поэтому для записи звукового сопровождения и режиссерских пояснений вдоль верхнего и нижнего краев ленты стираются узкие дорожки (рис. 31). Обе стирающие головки точно так же, как универсальные головки, укреплены на общей стойке. Стирающие головки (общая на всю ширину ленты, а также головки звукового и режиссерского каналов) питаются от общего задающего генератора через отдельные оконечные усилители. Такая схема питания исключает возможность возникновения биений между частотами, которые могли бы появиться при раздельных генераторах стирания. Этот принцип использован также для питания током подмагничивания головок обоих звуковых каналов в режиме записи. Каждая головка питается током через самостоятельные оконечные усилители.

Усилители записи и воспроизведения обоих каналов идентичны, за исключением дополнительного микрофонного усилителя в канале режиссерских пояснений. Полоса частот канала звукового сопровождения от 50 до 12 000 *гц*, а отношение сигнал/шум равно 50 *дб*. Для уменьшения габаритов блоков звуковых каналов они выполнены на транзисторах.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ДРУГИЕ СПОСОБЫ ВИДЕОЗАПИСИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

11. МНОГОДОРОЖЕЧНАЯ ЗАПИСЬ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Для записи телевизионных изображений предложено множество разнообразных систем. Однако все они, за небольшим исключением, основываются на многодорожечном или строчном (с вращающимися головками) способах магнитной записи. Практическое применение в настоящее время получили системы со строчной записью, но развитие этой области началось с использования многодорожечных систем.

Возможности многодорожечной записи телевизионных изображений можно наглядно показать на следующем примере. Допустим, что на достаточно широкой ленте одновременно записываются магнитные дорожки, количество которых равно числу элементов разложения в одной телевизионной строке. Если с помощью быстродействующего электронного переключателя присоединять к выходу теле-

визионного канала поочередно магнитные головки со скоростью следования элементов разложения изображения, то по ширине ленты запишется одна телевизионная строка. Скорость ленты в продольном направлении, очевидно, должна соответствовать записи частоты повторения строк, равной 15 625 *гц*. Для записи ее достаточна скорость ленты порядка 38 *см/сек*. Во время воспроизведения сигналы от отдельных магнитных головок собираются электронным переключателем в общий телевизионный сигнал. Для того чтобы получить номинальную четкость изображения, по ширине ленты должно располагаться несколько сотен магнитных головок.

Из-за сложности аппаратуры и недостатков, вообще свойственных многодорожечной записи, этот способ не получил практического применения.

В другом способе, основанном точно так же на принципе временного деления телевизионного сигнала, используется меньшее число магнитных дорожек. Для временного деления сигнала при записи и восстановления первоначального сигнала при воспроизведении используются сложные электронные устройства.

Записываемый сигнал поступает на делители, которые последовательно распределяют его по каналам. К выходам последних присоединены записывающие головки. Сигналы, поступающие на записывающие головки, в результате деления приобретают вид импульсов одинаковой длительности, амплитуда которых равна мгновенному значению входного сигнала в данный момент времени. Входной сигнал с частотой F преобразуется в последовательность разнополярных импульсов, следующих с частотой повторения $2F$. При числе каналов N на каждую магнитную дорожку записывают $2F/N$ импульсов. Таким образом, на каждую дорожку записываются импульсы, промежуток времени между которыми равен $N/2F$. Другими словами, на каждой дорожке записывается частота, в N раз меньшая частоты первоначального сигнала. Для записи этого сигнала во столько же раз может быть уменьшена скорость ленты.

При воспроизведении сигналы, записанные на отдельных дорожках, поступают в восстановитель. Далее сигналы комбинируются в суммирующем устройстве и фильтруются в выходном фильтре нижних частот, что восстанавливает начальную форму записанного сигнала.

По аналогичному принципу, в частности, построена аппаратура американской фирмы Бинг Кросби (1951 г.).

Системы с временным делением требуют очень точной синхронизации процессов деления и восстановления. Синхронизирующий сигнал поступает от специального синхрогенератора или формируется из строчных импульсов полного телевизионного сигнала. Сигнал для синхронизации восстановителя записывается на отдельной магнитной дорожке

Возможны также другие методы преобразования исходного телевизионного сигнала в несколько узкополосных сигналов. Например, в аппарате фирмы RCA (1953 г.) для записи цветных телевизионных изображений используется принцип частотного деления сигнала. Сложный телевизионный сигнал цветного изображения делится на составляющие и записывается на пяти магнитных дорожках. Одна из них предназначена для записи монохромного сигнала (сигнала яркости) с полосой частот до 3,5 *Мгц*, следующие три дорожки — для записи сигналов цвета (красного, зеленого, синего) с полосой

частот до 1,5 *Мгц* и пятая — для записи строчных сигналов синхронизации. После воспроизведения сигналы от головок смешиваются и вновь восстанавливается первоначальная форма сигнала.

Несмотря на заманчивые перспективы использования методов преобразования сигналов в сочетании с многодорожечной записью, они не получили развития. Общий недостаток всех систем, основанных на этом принципе, заключается в том, что восстановление первоначальной формы сигнала возможно лишь при строгом соблюдении фазовых соотношений между сигналами в отдельных каналах в процессе их записи и воспроизведения. В то же время именно это условие крайне трудно соблюсти при многодорожечной магнитной записи в силу недостатков, свойственных как ленте, так и лентопротяжным механизмам.

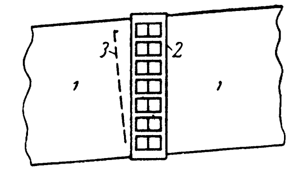


Рис. 44. Перекос ленты относительно головок во время воспроизведения.

1 — лента; *2* — многоканальный блок воспроизводящих головок; *3* — положение рабочих щелей во время записи.

Магнитные ленты на полимерной основе, получившие преимущественное распространение, деформируются под влиянием механических нагрузок и изменения внешних климатических условий (температура, влажность). Во время движения отдельные участки ленты по ширине подвергаются различным механическим нагрузкам. Влияние на деформацию ленты оказывает неодинаковое тянущее усилие из-за неравномерного прижима ее к ведущему валику, искривление края ленты (сабельность), коробление и другие причины. Геометрические размеры ленты могут измениться также во время ее хранения.

Эти причины носят случайный характер, и поэтому невозможно создать во время воспроизведения точно такую же деформацию ленты, которая имела место при записи. Несоблюдение этого условия приводят к тому, что записанная по ширине ленты определенная последовательность сигналов не совпадает с положением щелей воспроизводящих головок (рис. 44) и может воспроизводиться не в том порядке, какой был задан при записи. Вместе с тем даже незначительные отклонения в порядке следования импульсов при воспроизведении приводят к недопустимым для целей телевидения фазовым искажениям.

Абсолютная величина смещения из-за перекоса ленты тем меньше, чем у́же лента. Таким образом, с целью уменьшения фазовых искажений целесообразно сокращать ширину ленты, а следовательно, и количество дорожек на ней. Фазовая ошибка между каналами зависит также от протяженности записанного на ленте сигнала или длины волны. С увеличением протяженности или длины волны сигнала при неизменном перекосе ленты относительно головки фазовый сдвиг уменьшается. Увеличить длину волны, не изменяя полосу частот сквозного канала, можно путем повышения скорости движения ленты. Однако как уменьшение числа дорожек, так и повышение скорости ухудшает использование магнитной ленты, что, в конечном счете, снижает эффективность многодорожечного способа записи.

Для компенсации фазовых сдвигов, возникающих из-за перекосов ленты, применяется устройство, автоматически регулирующее положение блока воспроизводящих головок относительно записанных

сигналов. Устройство представляет собой следящую систему, принципиально не отличающуюся от систем, описанных в гл. 2. Структурная схема ее показана на рис. 45. Сигнал ошибки в системе получается путем сравнения в фазовом дискриминаторе двух управляющих сигналов, которые воспроизводятся с крайних магнитных дорожек. Усиленный до необходимого уровня, сигнал ошибки подводится к электромагнитному устройству, поворачивающему блок головок вокруг его оси, совмещенной с серединой ленты. Поворачивание блока головок способствует уменьшению разности фаз между управляющими сигналами. Таким образом, рабочие щели воспроизводящих головок совмещаются с записанными на ленте сигналами. Точность совпадения зависит от погрешностей системы автоматического регулирования и инерционности механического устройства, поворачивающего головки.

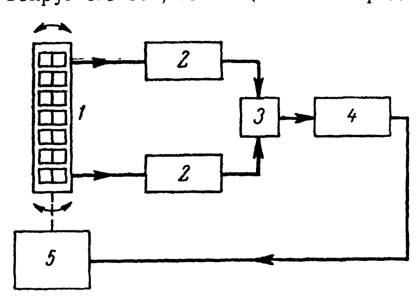


Рис. 45. Схема компенсации перекосов ленты.

1 — многоканальный блок воспроизводящих головок; *2* — усилители воспроизведения; *3* — фазовый дискриминатор; *4* — усилитель постоянного тока; *5* — механический привод блока головок.

Этот способ автоматического регулирования положения головок был разработан специально для записи телевизионных сигналов, однако он оказался недостаточно точным для компенсации фазовых искажений в необходимых пределах. Поэтому он находит применение только в системах с многодорожечной записью, в которых эти искажения не играют такой роли, как в телевидении.

Таким образом, при современном состоянии техники магнитной записи использование способа многодорожечной записи телевизионных сигналов на ленте практически нереально. Его можно использовать только в сочетании с абсолютно жестким носителем записи, например для создания кратковременной задержки на 1—2 кадра путем записи на магнитный барабан.

12. ПРОДОЛЬНАЯ ЗАПИСЬ ВИДЕОСИГНАЛОВ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ГОЛОВКАМИ

Принцип действия устройства с двумя вращающимися головками был описан раньше (см. рис. 4,*а*). Для записи телевизионных изображений предложено аналогичное устройство с четырьмя вращающимися головками. Лента шириной 6,25 *мм* охватывает диск с головками по дуге, немного большей четверти окружности. Диск вращается со скоростью 750 *об/мин*, поэтому каждая головка записывает на ленте один полукадр телевизионного изображения. Если продольная скорость ленты равна 1,5 *м/сек*, то скорость головок относительно ленты составляет 6 *м/сек*. При этой скорости и тщательном выполнении магнитных головок с зазором 1,5—2 *мк* возможна запись полосы частот до 2 *Мгц*.

Структурная схема видеоканала аппарата, построенного на этом принципе, дана на рис. 46. Телевизионный сигнал записывается непосредственно, так как из-за ограниченной полосы частот сквозного канала использование методов модуляции исключается. Поэтому в усилителе записи и воспроизведения необходима частотная коррекция для исправления частотной характеристики сквозного канала в области низких и высоких частот. Кроме того, в канале воспроизведения предусматривается фиксирующая схема для восстановления постоянной составляющей и низкочастотных компонент телевизионного сигнала.

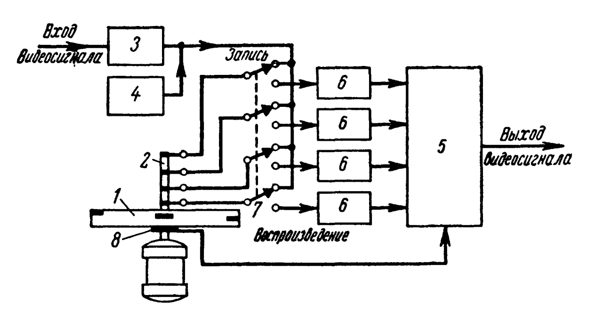


Рис. 46. Схема видеоканала аппарата с продольной записью вращающимися головками.

1 — диск с магнитными головками; *2* — токосъемник; *3* — усилитель записи; *4* — источник тока подмагничивания; *5* — электронный переключатель; *6* — усилители воспроизведения; *7* — переключатель записи или воспроизведения; *8* — датчик управляющего сигнала.

Сигналы от воспроизводящих головок, предварительно усиленные, поступают на вход электронного переключателя, на выходе которого восстанавливается первоначальный телевизионный сигнал. Схема электронного переключателя аналогична той, которая применяется в видеомагнитофоне с поперечной строчной записью (гл. 3). Отличие состоит в большей длительности переключающих импульсов, которые в схеме формируются из сигналов датчика, укрепленного на оси двигателя. В схеме также отсутствует синхронизатор переключения. Во время записи переход с одной головки на другую совмещается с полукадровым гасящим импульсом, поэтому моменты переключения головок при воспроизведении совпадают с ними и становятся незаметными для зрителя. Если сигналы синхронизации привязаны к частоте электросети, то это условие обеспечивается начальной установкой статора синхронного двигателя, вращающего диск с магнитными головками.

Неравномерность скорости ленты относительно головки в этом устройстве в 4 раза меньше неравномерности скорости движения самой ленты. Эта особенность продольной записи с вращающимися головками значительно облегчает создание лентопротяжного механизма.

13. ВИДЕОМАГНИТОФОН С ОДНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ГОЛОВКОЙ

Лентопротяжный механизм для записи одной вращающейся головкой схематически показан на рис. 47. Лента образует на гладком направляющем барабане полный виток спирали. Направляющий барабан разделен на две части (верхнюю и нижнюю), в щели между которыми помещен вращающийся диск с магнитной головкой. Последняя выступает за образующую барабана приблизительно на

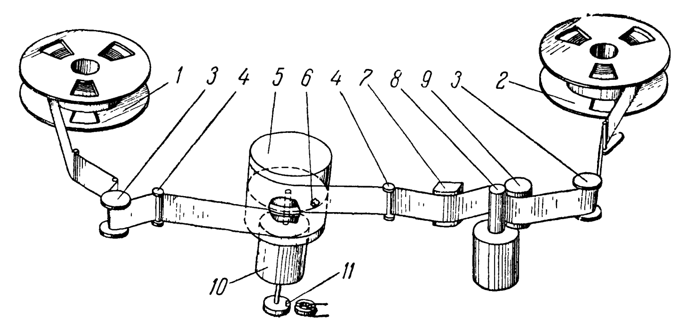


Рис. 47. Схема лентопротяжного механизма видеомагнитофона с одной вращающейся головкой.

1 и *2* — подающая и приемная катушки; *3* — обводные ролики; *4* — направляющие стойки; *5* — направляющий барабан; *6* — диск с видеоголовкой; *7* — блок головок звукового сопровождения и контрольного сигнала; *8* — ведущий двигатель; *9* — прижимной ролик; *10* — двигатель диска; *11* — датчик управляющих импульсов.

0,1 *мм* и вдавливается в ленту в месте касания с ней. Этим создается надежный механический контакт между головкой и лентой на протяжении всего срока службы головки.

Трение и износ ленты при скольжении ее по направляющему барабану можно уменьшить, если через небольшие отверстия на поверхности барабана подавать под давлением воздух. Возникающая тонкая воздушная прослойка играет роль своеобразной смазки между лентой и барабаном.

За один оборот диска с головкой на ленте записывается магнитная дорожка, расположенная наискось под углом θ к краю ленты. На одной магнитной дорожке целиком записывается один полукадр телевизионного изображения. Поэтому число оборотов диска с головкой связано с телевизионным стандартом. При частоте смены полукадров 50 *гц*, принятой в Советском Союзе и в других европейских странах, скорость вращения диска должна быть равна 3 000 *об/мин*.

Если D — диаметр диска с головкой, $l_ш$ — шаг записи, то отношение окружной скорости головки $v_г$ к линейной скорости движения ленты $v_л$ равно:

$$\frac{v_г}{v_л} = \frac{\pi D \sin\theta}{l_ш},$$

a $\sin\theta$ при ширине ленты h в свою очередь равен:

$$\sin\theta = \frac{h}{\pi D}.$$

Точно так же как при поперечной строчной записи с четырьмя вращающимися головками, при этом способе записи и соответствующем выборе размеров отношение $v_г/v_л$ может превышать 100. Например, если диаметр диска равен 250 *мм* и окружная скорость головки 39,3 *м/сек*, то при ширине ленты 50,8 *мм* и шаге записи 0,4 *мм* линейная скорость движения ленты должна быть около 31 *см/сек*.

Следует заметить, что лента в этом случае используется более экономно, так как видеосигнал, в отличие от поперечной строчной записи, занимает всю ее ширину и записывается без перекрытия.

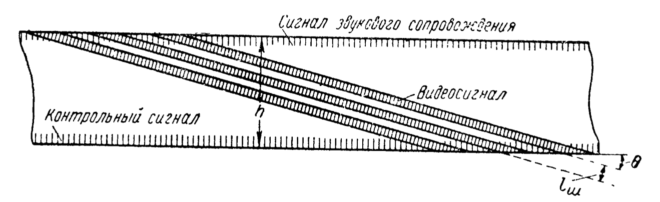


Рис. 48. Расположение магнитных дорожек на ленте.

Равномерность скорости головки относительно ленты точно так же, как и в поперечной записи, практически зависит от равномерности вращения диска с головкой. Для того чтобы избежать поперечных усилий на ленту и придать ей естественное положение в лентопротяжном механизме, направляющий барабан несколько наклонен, а подающая и приемная катушки установлены на разной высоте.

На рис. 48 показано расположение магнитных дорожек на ленте, записанной на видеомагнитофоне фирмы «Тошиба» (Япония) с одной вращающейся головкой. Дорожка звукового сопровождения, занимающая верхний край ленты, и дорожка контрольного сигнала, расположенная на нижнем крае, перекрывают дорожки с видеосигналом. Однако благодаря большому разносу частот сигналов на этих дорожках и отчасти из-за разного направления движения рабочих щелей головок взаимное влияние между каналами значительно ослабляется. Например, отношение полезного сигнала к помехам в звуковом канале этого видеомагнитофона достигает 45 *дб*.

Общая блок-схема видеомагнитофона с одной вращающейся головкой приведена на рис. 49. В верхней части ее показаны элементы, составляющие канал записи и воспроизведения видеосигнала, а в нижней — основные элементы системы автоматического регулирования движения ленты и двигателя диска с головкой и элементы канала звукового сопровождения.

Запись видеосигнала ведется на несущей частоте с применением частотной модуляции. Схемы модулятора и демодулятора точно такие же, как в видеомагнитофоне с поперечной строчной записью.

При переходе головкой стыка краев ленты, свернутой в спираль, сигнал прерывается на 100—300 *мксек*, а в магнитной головке в это время возникает паразитный сигнал большой амплитуды. Этот сиг-

нал уничтожается в следующем за частотным демодулятором шумоподавителе. Видеоканал заканчивается формирующим усилителем, служащим для восстановления формы синхросигнала.

Назначение системы автоматического регулирования здесь то же, что и в рассмотренном выше видеомагнитофоне с четырьмя вращающимися головками. Однако требование к поддержанию постоянной фазы между опорным сигналом и положением ротора с ди-

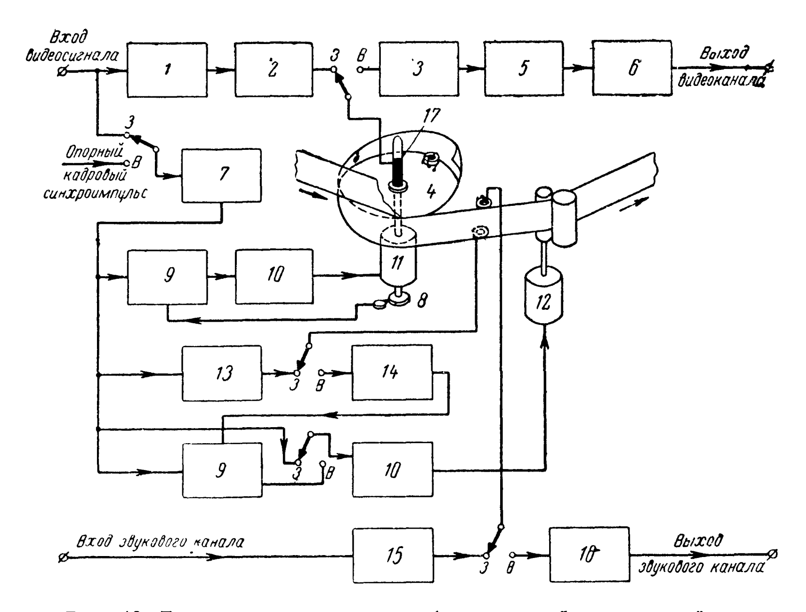


Рис. 49. Блок-схема видеомагнитофона с одной вращающейся головкой.

1 — частотный модулятор; *2* — усилитель записи; *3* — усилитель воспроизведения видеоканала; *4* — диск с видеоголовкой; *5* — ограничитель и частотный демодулятор; *6* — формирующий усилитель; *7* — селектор полукадровых импульсов; *8* — датчик управляющего сигнала; *9* — система автоматического регулирования; *10* — усилитель мощности; *11* — двигатель блока головок; *12* — ведущий двигатель; *13* и *14* — усилители записи и воспроизведения канала управления; *15* и *16* — усилители записи и воспроизведения звукового канала; *17* — токосъемник.

ском головок здесь имеет более важное значение. Синфазность между угловым положением видеоголовки и опорным сигналом, частота которого совпадает с частотой питания двигателя диска с головкой, нужна для того, чтобы момент прохождения головкой стыка между краями ленты, свернутой в спираль на направляющем барабане, совпадал с кадровым импульсом.

Принцип работы системы автоматического регулирования движения ленты и двигателя диска с головкой, а также схемные решения ее узлов аналогичны тем, которые описаны во второй и третьей главах. В качестве опорного сигнала используется частота полукадровой синхронизации, выделяемая при записи из полного телевизи-

онного сигнала; при воспроизведении полукадровая частота поступает от опорного студийного синхрогенератора.

Сигнал ошибки в схеме регулирования двигателя диска получается путем сравнения в фазовом дискриминаторе опорного сигнала и сигнала датчика, укрепленного на валу двигателя. Датчик состоит из диска, на периферии которого укреплен небольшой постоянный магнит, и неподвижной катушки.

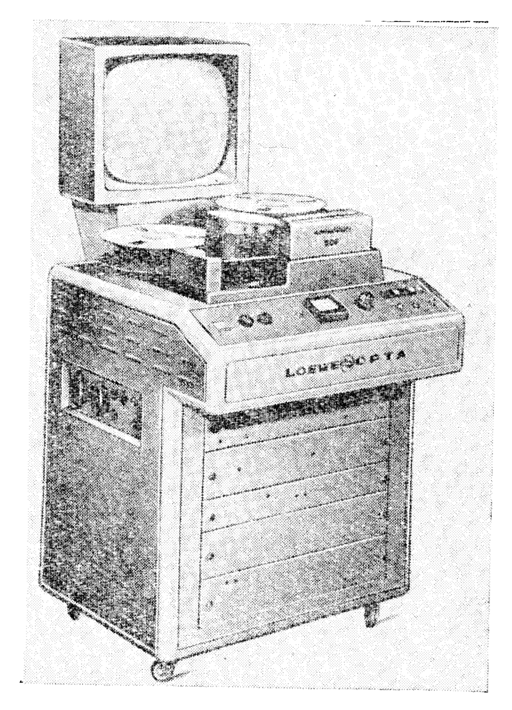


Рис. 50. Видеомагнитофон Оптакорд-500.

Ведущий двигатель в режиме записи питается непосредственно от опорного сигнала через усилитель мощности. Одновременно опорный сигнал записывается на ленту. Во время воспроизведения ведущий двигатель питается от генератора управляемой частоты. Генератор управляется сигналом ошибки от фазового дискриминатора, на вход которого поступают опорный сигнал и контрольный сигнал, воспроизводимый с ленты.

Видеомагнитофон с одной вращающейся головкой содержит меньшее количество электронных узлов и может быть более компактным сравнительно с видеомагнитофоном с четырьмя головками. На рис. 50 приведена фотография видеомагнитофона Оптакорд-500 (ФРГ), размеры которого лишь немного превышают габариты обыч-

ного студийного магнитофона. В видеомагнитофоне применяется лента шириной 50,8 *мм*, скорость движения которой 19,05 *см/сек*. Диск с головкой диаметром около 150 *мм* вращается со скоростью 3 000 *об/мин*, так что окружная скорость головки составляет приблизительно 24 *м/сек*. Для записи и воспроизведения видеосигнала используется метод частотной модуляции. Полоса записываемых и воспроизводимых частот достигает примерно 3 *Мгц*.

В видеомагнитофоне с одной вращающейся головкой отсутствуют искажения из-за неоднородности головок, неправильной их установки на диске или относительно направляющей камеры, которые свойственны устройству с четырьмя головками. Изображение может рассматриваться при любой скорости ленты, даже неподвижной. Это удобно для поиска нужного сюжета во время монтажа программ. Однако сам процесс монтажа сложнее, чем при поперечной записи, так как лента должна разрезаться и склеиваться вдоль магнитной дорожки, длина которой около 0,8 *м*. Крупным недостатком является большая деформация ленты из-за трения о поверхность направляющего барабана и неравномерного растяжения ее по ширине.

14. ВИДЕОМАГНИТОФОН С ДВУМЯ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ГОЛОВКАМИ

В этом типе видеомагнитофона лента охватывает приблизительно половину окружности направляющего барабана (рис. 51). Для того чтобы уменьшить деформацию ленты, ось направляющего барабана наклонена на небольшой угол по направлению движения лента, а подающая катушка, кроме того, расположена несколько выше и под углом к плате лентопротяжного механизма. Гладкий направляющий барабан разделен на две части (верхнюю и нижнюю), в щели между которыми вращается диск с магнитными головками.

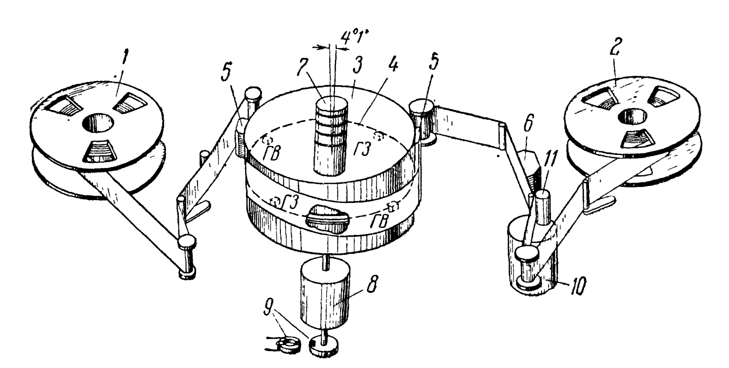


Рис. 51. Лентопротяжный механизм видеомагнитофона с двумя вращающимися головками.

1 и *2* — подающая и приемная катушки; *3* — направляющий барабан; *4* — диск с головками (*ГЗ* — головки записи, *ГВ* — головки воспроизведения); *5* — башмаки с вакуумным присосом; *6* — головка звукового сопровождения; *7* — токосъемник; *8* — двигатель диска; *9* — датчик управляющих сигналов; *10* — ведущий двигатель; *11* — прижимной ролик.

Полюсные наконечники головок выступают за периферию направляющего барабана на 0,1 *мм,* благодаря чему механический контакт с лентой сохраняется в течение всего срока службы головок. Чтобы контакт не нарушался во время движения ленты по барабану, она должна плотно прилегать к нему. Для этого создается строго постоянное натяжение ленты с помощью башмаков с вакуумным присосом. Они установлены при входе и выходе ленты с барабана в непосредственной близости от него.

Для записи и воспроизведения необходимы две универсальные головки, диаметрально расположенные на диске. Если на диске установить еще одну пару головок, смещенных в плоскости диска на 90° относительно первой пары, а также и по высоте, то появляется возможность воспроизведения изображения в процессе записи. Это небольшое усложнение придает эксплуатационное удобство видеомагнитофону, так как контроль по воспроизведению во время записи позволяет своевременно обнаружить неполадки, не дожидаясь ее конца. Достоинство двух пар головок с раздельными функциями (запись, воспроизведение) состоит также в том, что параметры (ширина рабочей щели, электрические данные обмотки) могут быть выбраны оптимальными для каждого рода работы. Высоту рабочей части сердечника записывающей головки также можно сделать несколько больше (0,4—0,45 *мм*), чем у воспроизводящей (0,25 *мм*). Так как ширина магнитной дорожки увеличивается, то повышается стабильность воспроизводимого сигнала.

Магнитные дорожки с видеосигналом расположены на ленте наискось, как и в видеомагнитофоне с одной вращающейся головкой. Видеосигналы записываются с небольшим перекрытием, т. е. вторая головка начинает запись до того, как первая кончит ее. Для этого лента охватывает направляющий барабан по дуге, несколько превышающей половину окружности.

На дорожке размещается один полукадр телевизионного изображения, поэтому число оборотов диска с магнитными головками связано с принятым телевизионным стандартом. Для телевизионных систем с частотой смены полукадров 50 *гц* скорость вращения диска должна быть 1 500 *об/мин.*

Отношение скорости головки к скорости движения ленты при радиусе r равно:

$$\frac{v_{\text{г}}}{v_{\text{л}}} = \frac{\pi r \sin \theta}{l_{\text{ш}}}.$$

В отличие от видеомагнитофона с одной вращающейся головкой звуковое сопровождение и контрольный сигнал записываются на предварительно стертые узкие магнитные дорожки, расположенные по краям ленты. Рядом с дорожкой опорного сигнала может помещаться узкая дорожка для записи различных вспомогательных сигналов, например режиссерских пояснений. Ширина $h - \Delta h$ части ленты, занимаемая видеосигналами, уже ширины ленты на ширину этих трех дорожек Δh, поэтому

$$\theta = \arcsin \frac{h - \Delta h}{\pi r}.$$

Блок-схема видеомагнитофона с двумя вращающимися магнитными головками приведена на рис. 52. Система автоматического управ-

ления двигателем, вращающим диск с магнитными головками, и ведущим двигателем не отличается от ранее описанных и не требует дополнительных пояснений. Видеосигнал записывается на несущей частоте с использованием системы частотной модуляции, по параметрам и схемным решениям аналогичной ранее описанной.

Общий вид видеомагнитофона с двумя вращающимися головками (Япония) приведен на рис. 53. Так как в Японии частота электросети равна 60 *гц*, то скорость вращения диска с головками со-

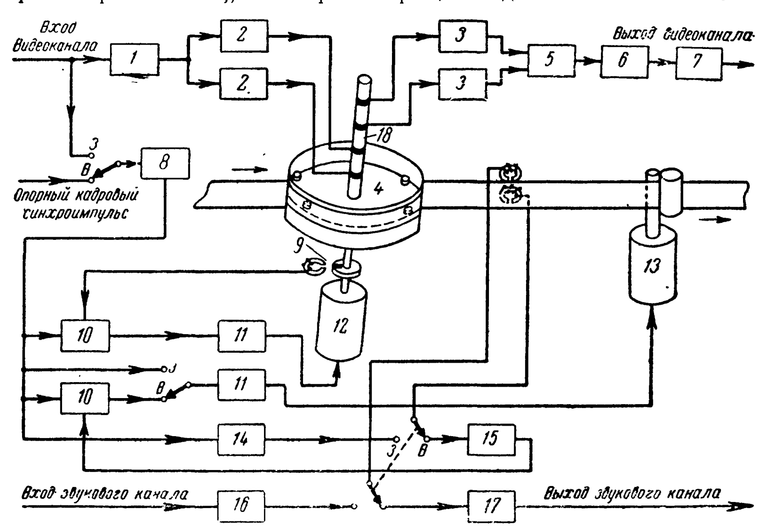


Рис. 52. Блок-схема видеомагнитофона с двумя вращающимися головками.

1 — частотный модулятор; *2* и *3* — усилители записи и воспроизведения видеоканала; *4* — диск с видеоголовками *5* — электронный переключатель; *6* — ограничитель и частотный демодулятор; *7* — формирующий усилитель; *8* — селектор полукадровых импульсов; *9* — датчик управляющего сигнала; *10* — система автоматического регулирования; *11* — усилитель мощности; *12* — двигатель блока головок; *13* — ведущий двигатель; *14* и *15* — усилители записи и воспроизведения канала управления; *16* и *17* — усилители записи и воспроизведения звукового канала; *18* — токосъемник; *З* — запись; *В* — воспроизведение.

ставляет 1 800 *об/мин*. На диске диаметром около 420 *мм* установлены две записывающие и две воспроизводящие головки. Видеомагнитофон записывает полосу частот до 4,2 *Мгц*. Для того чтобы сохранить такую же окружную скорость при питании от электросети 50 *гц*, диаметр диска должен быть около 500 *мм*.

Так как каждая головка записывает и воспроизводит целиком полукадр, то на изображении отсутствуют искажения, связанные с неточной установкой головок относительно направляющей камеры, что имеет место в видеомагнитофоне с поперечной строчной записью. Установка головок на диске относительно друг друга проще и не столь критична. Если магнитные головки отличаются друг от друга, то это не вызывает заметных искажений.

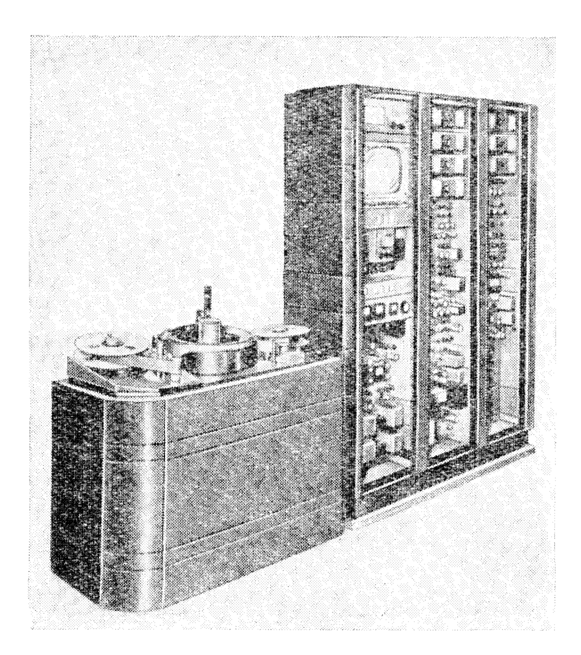


Рис. 53. Видеомагнитофон с двумя вращающимися головками (Япония).

Изображение может рассматриваться при любой скорости движения ленты, даже когда она остановлена для просмотра одного полукадра. Сравнительно с одноголовочным видеомагнитофоном преимущество видеомагнитофона с двумя головками состоит в том, что в нем уменьшена нагрузка на ленту. В отношении монтажа ленты, резки и ее склейки оба способа записи совершенно одинаковы.

15. СИНХРОНИЗАЦИЯ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ И ЭЛЕКТРОННЫЙ МОНТАЖ

Во время передачи по телевизионной сети программы с видеомагнитофона временной масштаб воспроизводимого видеосигнала претерпевает некоторые изменения. Поэтому синхроимпульсы, воспроизводимые с ленты, оказываются несинфазными с синхроимпульсами студийного синхрогенератора и имеют более низкую стабильность. Это приводит к тому, что при переключении передачи с видеомагнитофона на другие источники программ (датчики титров, камерный канал, телефильм) нарушается общая синхронизация телевизионного сигнала, поступающего на передатчик. Выпадение изображения из синхронизма во время переключения, даже на короткий промежуток, неприятно для зрителей. Исключить это нежелательное явление можно только в том случае, если воспроизводимые

с ленты синхроимпульсы будут синфазны и одинаковы по своей стабильности с опорными синхроимпульсами студийного генератора.

Используемые в видеомагнитофоне системы автоматического регулирования не обеспечивают синфазности кадровых импульсов, воспроизводимых с ленты, и студийного синхрогенератора. Это объясняется тем, что система автоматического регулирования ведущего двигателя работает при частоте управляющих сигналов 250 *гц*, что больше в 10 раз, чем частота кадровых синхроимпульсов. Поэтому при каждом новом включении разность фаз или временно́е рассогласование между кадровыми импульсами может принимать различные значения.

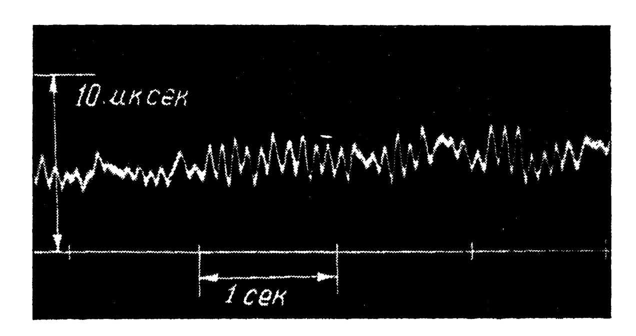


Рис. 54. Осциллограмма временно́й ошибки двигателя блока вращающихся головок.

Стабильность воспроизводимого видеосигнала ухудшается в основном из-за динамических ошибок, которые вызваны качанием диска видеоголовок. Качания обычно носят периодический характер с частотой 5—10 *гц* и имеют амплитуду 1—5 *мксек*. Причиной качаний является механический резонанс ротора с диском вращающихся головок. На рис. 54 приведена осциллограмма сигнала такой временно́й ошибки, снятая для двигателя блока головок видеомагнитофона «Кадр». Максимальная величина качаний здесь не превышает 4 *мксек*, а основная частота около 10 *гц*. Изменение трения между наконечниками видеоголовок и лентой служит причиной непредвиденных изменений угловой скорости диска с видеоголовками и вызывает случайные временны́е ошибки. Кроме этого, временны́е ошибки в видеосигнале возникают также за счет неправильной установки видеоголовок в диске и неправильной установки направляющей камеры, о чем уже было сказано выше.

В правильно отрегулированном видеомагнитофоне временны́е ошибки почти незаметны для телезрителя. Однако и в этом случае стабильность видеосигнала не обеспечивает синхронной работы видеомагнитофона с другими источниками телевизионных программ. Наличие даже сравнительно небольших временны́х искажений видеосигнала лишает возможности применять такие технические приемы, как микширование с наплывом и совмещением изображений для создания декораций и различных эффектов, включение коротких

вставок (например, с видеомагнитофона в живую передачу) и др. Это ограничивает в ряде случаев применение видеомагнитофона для телевизионного вещания. Поэтому исправление временно́го масштаба видеосигнала, формирование стабильных синхроимпульсов являются актуальной задачей.

Формирующий усилитель, включенный на выходе видеомагнитофона, калибрует по длительности и амплитуде синхроимпульсы, однако он не может устранить временны́х нарушений их частоты сле-

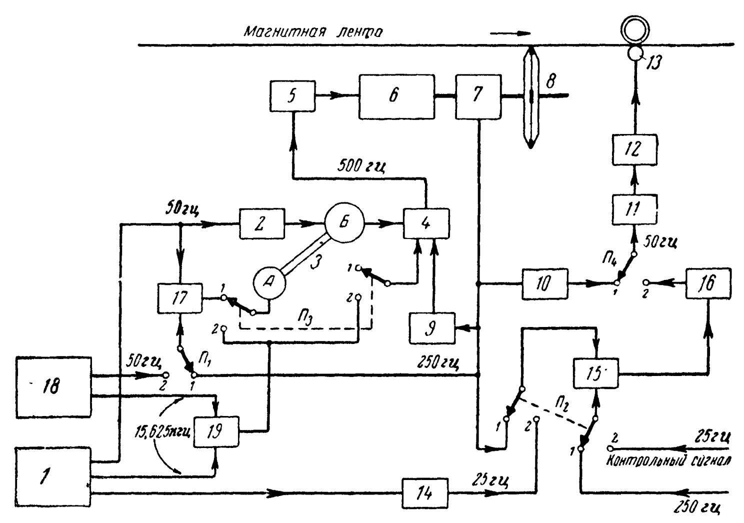


Рис. 55. Блок-схема синхронизатора телевизионных сигналов.

1 — опорный синхрогенератор; *2* — умножитель частоты на десять; *3* — блок фазового сдвига (*А* — ведущий сервомотор; *Б* — вращающийся трансформатор); *4* — электронный фазовый модулятор; *5* — усилитель мощности сигнала 500 *гц*; *6* — двигатель блока вращающихся головок; *7* — фотодатчик; *8* — диск с видеоголовками; *9* — частотный дискриминатор; *10* — делитель частоты на пять; *11* — усилитель мощности сигнала 50 *гц*; *12* — ведущий двигатель; *13* — валик ведущего двигателя; *14* — селектор кадровых импульсов с частотой 25 *гц*; *15* — фазовый дискриминатор ведущего двигателя; *16* — генератор управляемой частоты 50 *гц*; *17* — фазовый дискриминатор кадровой частоты; *18* — формирующий усилитель видеомагнитофона; *19* — фазовый дискриминатор строк.

дования. Поэтому устранение временны́х ошибок производится дополнительным оборудованием в виде специальных электронных устройств синхронизатора телевизионных сигналов и компенсатора временны́х ошибок. Совместное использование этих устройств, например в видеомагнитофоне фирмы Ampex, уменьшает временны́е ошибки до величины 0,01 *мксек*, что позволяет использовать видеомагнитофон так же, как любой другой источник телевизионных программ при любых видах передачи.

Синхронизатор телевизионных сигналов представляет собой устройство, выполненное в виде отдельного блока, который включается в видеомагнитофоне вместо системы автоматического регулирования. Блок-схема синхронизатора приведена на рис. 55.

Во время записи телевизионного сигнала (переключатели $П_1$, $П_2$, $П_3$ и $П_4$ находятся в положении *1*) двигатель блока вращающихся головок питается частотой 500 *гц*, полученной после умножения на десять полукадровой частоты 50 *гц* с опорного студийного синхрогенератора. С умножителя сигнал 500 *гц* подается на блок фазового сдвига, который устанавливает определенную начальную фазу между частотой полукадровых сигналов 50 *гц* и частотой вращения диска с видеоголовками 250 *гц*. Тем самым устраняется та неопределенность между начальной фазой питания двигателя и угловым положением ротора, которая свойственна гистерезисному двигателю: фаза питания и угловое положение диска с видеоголовками после каждого включения устанавливаются здесь однозначно.

Блок фазового сдвига по своему принципу является электромеханическим регулятором фазы. Он состоит из вращающегося трансформатора и двигателя, на который при записи подается сигнал временной ошибки, сформированный фазовым дискриминатором кадровой частоты. Скорость и направление вращения этого двигателя пропорциональны величине и полярности сигнала временной ошибки. Ротор двигателя сочленен через редуктор с большим передаточным отношением (100) с ротором вращающегося трансформатора. Последний представляет собой заторможенную синхронную машину, в которой обмотки ротора и статора расположены в пространстве под углом 90°. Соответствующее включение обмоток трансформатора позволяет получить на его выходе сигнал, постоянный по амплитуде, фаза которого относительно его входа является функцией углового положения ротора.

В том случае, если напряжение сигнала ошибки отличается от нуля, двигатель вращается и поворачивает через редуктор ротор вращающегося трансформатора. Тем самым фаза напряжения, питающего двигатель блока головок, изменяется. При уменьшении напряжения ошибки до нуля двигатель и ротор вращающегося трансформатора останавливаются. Это новое угловое положение ротора вращающегося трансформатора фиксирует определенный сдвиг фаз, образовавшийся в системе к моменту изменения временной ошибки до нуля. Точность работы блока фазового сдвига определяется током, при котором останавливается и вновь начинает вращаться двигатель.

После коррекции начальной фазы частоты питания двигателя сигнал 500 *гц* поступает на электронный фазовый модулятор, который модулируется сигналом ошибки, снимаемым с частотного дискриминатора. Сигнал ошибки в частотном дискриминаторе выделяется из сигнала 250 *гц* с фотодатчика. Благодаря этому двигатель оказывается охваченным обратной связью, что приводит к эффективному подавлению паразитных качаний диска с видеоголовками.

Ведущий двигатель видеомагнитофона питается напряжением частотой 50 *гц*, полученной в результате деления на пять сигнала с фотодатчика частотой 250 *гц*.

В видеомагнитофоне с синхронизатором вместе с опорным сигналом 250 *гц* на той же дорожке записывается сигнал с частотой 25 *гц*, выделяемой из синхроимпульсов опорного синхрогенератора селектором кадровых импульсов. Эти сигналы одновременно служат монтажными импульсами при механическом монтаже ленты. Благодаря коррекции начального углового положения диска с видеоголовками след монтажного кадрового импульса, записанного на про-

дольной дорожке канала управления, совмещается с достаточной точностью с поперечной магнитной дорожкой, содержащей запись гасящего кадрового импульса.

В процессе воспроизведения телевизионной программы (переключатель $П_4$ в положении *2*) в период пуска, который продолжается 3—4 *сек* после включения видеомагнитофона, переключатель $П_2$ находится в положении *2*, а переключатели $П_1$ и $П_3$ в положении *1*. На фазовый дискриминатор ведущего двигателя поступают управляющие сигналы частотой 25 *гц* (опорный сигнал выделяется селектором кадровых импульсов из синхроимпульсов студийного генератора, а контрольный сигнал снимается с ленты). Процесс регулирования заканчивается тогда, когда система регулирования определит из 40 поперечных дорожек, записанных на ленте за время одного кадра, ту дорожку, на которой размещен гасящий кадровый импульс. В этом случае опорный кадровый импульс синхрогенератора совмещается во времени с монтажным кадровым импульсом, воспроизводимым с ленты с точностью ±400 *мксек*.

Одновременно с началом движения ленты включается двигатель блока головок, который питается так же, как при работе аппарата на запись, и устанавливает начальное угловое положение диска с головками таким, каким оно было при записи. Тогда вращение видеоголовок и движение ленты оказываются согласованными таким образом, что рассогласование между опорными и воспроизводимыми синхроимпульсами уменьшается до ±15 *мксек*.

После истечения пускового периода переключатель $П_1$ автоматически устанавливается в положение *2*, а переключатель $П_2$ в положение *1*. На фазовый дискриминатор ведущего двигателя поступают управляющие сигналы частотой 250 *гц* (опорный сигнал фотодатчика и контрольный с ленты). При этом точность работы лентопротяжного механизма за счет повышения в 10 раз частоты управляющих сигналов повышается и становится такой же, как в видеомагнитофоне с обычной системой регулирования. В это же время на дискриминатор кадровой частоты вместо сигнала 250 *гц* подается сигнал полукадровой частоты 50 *гц*, вырабатываемый формирующим усилителем видеомагнитофона. В результате этого сигнал ошибки, поступающий на двигатель блока фазового сдвига, получается путем сравнения опорных и воспроизводимых с ленты кадровых синхроимпульсов.

После этого с дополнительной небольшой задержкой времени переключатель $П_3$ автоматически устанавливается в положение *2*, при котором сигнал ошибки, поступавший с фазового дискриминатора кадровой частоты на ведущий сервомотор блока фазового сдвига, заменяется сигналом ошибки, образованным в фазовом дискриминаторе строк; на вход этого дискриминатора поступают синхроимпульсы с опорного синхрогенератора и выходного формирующего усилителя видеомагнитофона. Выходное напряжение дискриминатора пропорционально временно́й ошибке сравниваемых сигналов. Этот сигнал ошибки поступает также на один из входов электронного фазового модулятора. На другой его вход, как уже было сказано выше, подается сигнал с частотного дискриминатора.

Блок фазового сдвига производит компенсацию постоянной составляющей временно́й ошибки, а электронный фазовый модулятор осуществляет непрерывную коррекцию ее переменной составляющей; при этом первая компенсация выполняется сдвигом, а вторая — мо-

дуляцией фазы напряжения питания двигателя блока головок. После такой коррекции искажения временного масштаба воспроизводимого видеосигнала уменьшаются до величины порядка ±0,1 *мксек*.

Компенсатор временных ошибок включается между демодулятором и формирующим усилителем в канале видеомагнитофона. Он производит дальнейшее уменьшение временных ошибок в телевизионном сигнале, однако уже после его воспроизведения. Компенсатор временных ошибок представляет собой регулируемую линию, задержка которой изменяется сигналом ошибки. Сигнал ошибки вырабатывается фазовым дискриминатором строк, где сравниваются моменты следования строчных импульсов, получаемых от опорного синхрогенератора и воспроизводимых с ленты. Благодаря своей малой инерционности линия задержки позволяет тончайшим образом корректировать момент начала каждой строки телевизионного изображения, компенсируя тем самым все оставшиеся временные ошибки и устраняя нестабильность развертки. Компенсатор временных ошибок устраняет также и искажения, связанные с неточностями в регулировке механизма направляющей камеры и угловой установки магнитных головок, чем значительно упрощает настройку и эксплуатацию аппарата.

Электронный монтаж. Техника механического монтажа магнитных лент достаточно хорошо разработана. Однако монтаж путем резки и склейки ленты имеет ряд неудобств. Он требует довольно много времени, точность его зависит от умения оператора, место склейки подвержено повышенному износу. Кроме того, нарушается целостность ленты, и если в рулоне много склеек, то становится опасным повторное использование ленты для записи.

При электронном монтаже общая программа составляется перезаписью на монтажный аппарат отдельных отрывков, воспроизводимых с других видеомагнитофонов. В общую программу могут включаться также сюжеты, поступающие с камерных каналов или телекино. Этот способ монтажа не нарушает механическую целостность ленты, а точность электронной «склейки» значительно выше, чем при механическом монтаже.

Электронный монтаж обладает весьма гибкими возможностями для составления общей программы, которая при этом может собираться из непрерывно следующих друг за другом сюжетов, наподобие того, как монтируется телевизионная передача с нескольких камерных каналов. Монтаж может также прерываться и вновь возобновляться без нарушения синхронизации внутри смонтированной программы. Этот режим монтажа дает возможность добавлять к существующей программе новые сюжеты. Если при монтаже отсутствует тот или иной сюжет, то для него может быть оставлено место на ленте, а монтаж можно продолжать дальше. Затем пропущенный сюжет записывается на оставленное для него место. Наконец, в уже готовой программе можно по желанию заменять любые сюжеты стиранием их и записью на это место новых. Последние два режима монтажа называются вставками.

Монтажный и остальные видеомагнитофоны, входящие в систему электронного монтажа, оборудованы синхронизаторами телевизионных сигналов. Поэтому синхроимпульсы от всех источников программ, включая камерные каналы и телекино, поступают на монтажный видеомагнитофон синхронно и синфазно. Монтажный видеомагнитофон отличается от обычных наличием дополнительного электрон-

ного монтажного устройства, осуществляющего автоматическое включение некоторых его цепей.

В обычных видеомагнитофонах кнопкой записи одновременно включаются видеоголовки и общая стирающая головка, отстоящие друг от друга на некотором расстоянии. При существующей скорости движения ленты интервал времени между ними соответствует приблизительно 18 телевизионным кадрам. Если на обычном видеомагнитофоне попытаться к существующей программе добавить новый сюжет, то в течение 18 телевизионных кадров новая запись будет накладываться на старую и этот участок программы окажется непригодным для последующего воспроизведения.

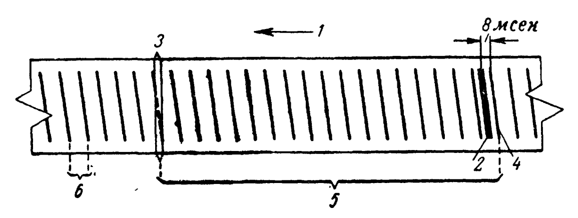


Рис. 56. Начальное положение места стыка двух сюжетов по отношению к видеоголовкам.

1 — направление движения ленты; *2* — рабочая щель головки, стирающей видеозаписи; *3* — диск с видеоголовками; *4* — линия предполагаемого стыка электронной „склейки"; *5* — 18 телевизионных кадров; *6* — запись одного телевизионного кадра (40 магнитных дорожек).

Назначение электронного монтажного устройства состоит в коммутации видеоголовок и общей стирающей головки в необходимой последовательности таким образом, чтобы место стыка двух сюжетов располагалось точно между кадровыми импульсами.

Для определения места стыка временной интервал, соответствующий расстоянию между диском с видеоголовками и предполагаемым местом электронной «склейки», установлен равным точно 18 телевизионным кадрам. Стирающая головка расположена несколько ближе к видеоголовкам (рис. 56) на расстоянии, соответствующем около 8 *мсек*. Точное совмещение места стыка с началом стирания достигается задержкой на этот промежуток времени включения тока в стирающую головку. Электрическая задержка регулируется в некоторых пределах, что дает возможность установить совмещение с гораздо большей точностью, чем при механической юстировке положения головки. Рабочая щель стирающей головки наклонена к краю ленты так, что граница стирания совпадает с положением видеодорожек на ленте.

Перед началом монтажа просматривают сюжеты, из которых собирается общая программа, и на каждом из них ставится отметка начала и конца отрывка, предназначенного для перезаписи. Отметки наносятся на дорожку режиссерских пояснений в виде коротких тональных сигналов.

Лента с программой, к которой добавляется новый сюжет, перематывается несколько назад до режиссерской отметки, и вслед за этим монтажный видеомагнитофон включается в режим воспро-

изведения. В течение первых секунд воспроизведения видеомагнитофон впадает в синхронизм со студийным синхрогенератором, являющимся опорным для всех источников, входящих в систему электронного монтажа. При появлении режиссерской отметки монтажный видеомагнитофон переводится в режим записи. К этому времени согласованно с ним включается видеомагнитофон, с которого поступает программа для перезаписи. Посредством стробирующей схемы из синхросигнала выделяется первый кадровый импульс, следующий за режиссерской отметкой. Этот сигнал запускает задержанный мультивибратор, который по прошествии 8 *мсек* включает цепь стирающей головки. Время включения тока в головку составляет всего лишь 30 *мксек*, поэтому начало стирания точно совпадает с линией предполагаемого стыка, отстоящей от видеоголовок на 18 кадров. Одновременно этот кадровый импульс запускает двоичный счетчик, который отсчитывает 18 кадров, после чего выдает сигнал для включения тока записи в видеоголовки. Этот момент совпадает с приходом начала стертой ленты к видеоголовкам.

Второй стык, который необходим в режиме вставок, выполняется в обратной последовательности нажатием кнопки конца записи. Вслед за появлением режиссерской отметки, свидетельствующей о конце вписываемого сюжета, стробирующей схемой выделяется первый кадровый импульс, который с задержкой, равной 8 *мсек*, выключает ток в стирающей головке. После 18 кадров с момента появления первого кадрового импульса ток в видеоголовках выключается.

При последовательном монтаже программы для каждого сюжета записывается заново опорный сигнал на управляющей дорожке. В режиме вставок используется ранее записанный опорный сигнал. Для этого стирающая головка разделена на две части: верхняя часть служит только для стирания видеодорожек, а нижняя — для стирания управляющей дорожки. При записи вставок включается верхняя часть головки, а управляющая дорожка не стирается.

Техника выполнения электронного монтажа относительно несложна, однако хорошие результаты могут быть получены только после тщательной подготовки. Кроме отбора и разметки сюжетов должна быть установлена последовательность поступления сигналов и время включения видеомагнитофонов, с которых подаются программы для перезаписи. Поэтому предварительно проводятся репетиции, на которых отрабатывается весь порядок монтажа, и только после этого приступают к составлению общей программы на монтажном видеомагнитофоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение магнитной записи для фиксации телевизионных изображений началось около десяти лет назад. Однако за этот небольшой промежуток времени достигнуты значительные успехи.

Современные видеомагнитофоны обладают достаточной эксплуатационной надежностью и обеспечивают запись и воспроизведение телевизионных изображений с удовлетворительным качеством. Полоса частот видеомагнитофонов удовлетворяет ряду национальных телевизионных стандартов, в том числе английскому и американскому. Практически решена задача записи на магнитную ленту цвет-

ных телевизионных изображений, причем запись цветных изображений выполняется на тех же видеомагнитофонах, снабженных лишь дополнительными электронными блоками.

Из этого, однако, не следует, что техника магнитной записи телевизионных изображений достигла совершенства. Она испытывает период бурного развития, и в дальнейшем предстоит решение еще многих задач.

Необходимо дальнейшее улучшение качественных показателей видеомагнитофонов, в том числе полосы частот и отношения сигнал/шум, а также уменьшение специфических искажений изображения, обусловленных процессами записи и воспроизведения. Крайне важная задача состоит в создании условий, обеспечивающих легкий взаимный обмен программами между однотипными видеомагнитофонами. Наряду с усовершенствованием конструкции это потребует разработки единого стандарта на основные парамегры, подобного стандарту в магнитной записи звука.

Важной задачей остается улучшение качественных характеристик и срока службы магнитных лент и видеоголовок. В настоящее время срок службы видеоголовок составляет для лучших образцов всего лишь 100—200 *ч*.

Видеомагнитофон с четырьмя вращающимися головками, получивший наибольшее распространение, представляет довольно сложное устройство. Поэтому большое внимание уделяется разработке новых систем, в частности с одной и двумя вращающимися головками. Эти системы в дальнейшем, по-видимому, найдут распространение наряду с видеомагнитофонами с четырьмя головками.

6Ф3 *Лазарев Владимир Иванович, Пархоменко Владимир Иванович.*
Л 17 **Магнитная запись телевизионных изображений.** М.—Л., Госэнергоиздат, 1963.
88 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека, вып. 462).

Редактор *П. Г. Тагер* Техн. редактор *Н. А. Бульдяев*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 1/XI 1962 г. Подписано к печати 11/I 1963 г.
Т-00112 Бумага 84×108[1]/32 4,75 п. л. Уч.-изд. л. 6,2
Тираж 65 000 экз. Цена 25 коп. Заказ 2653

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Цена 25 коп.